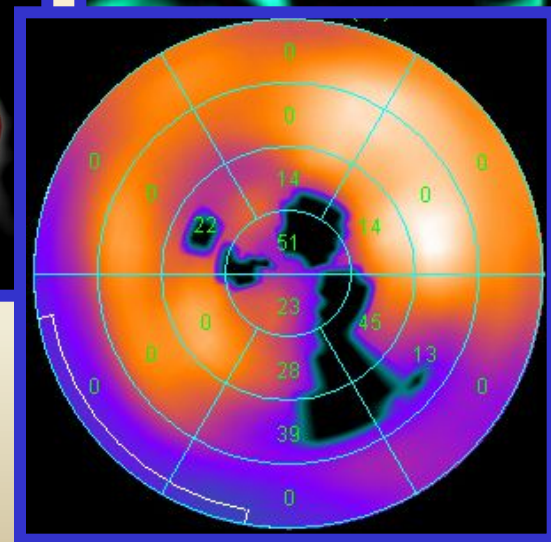
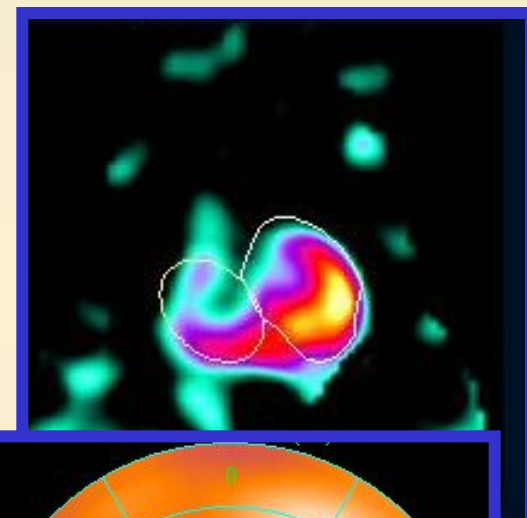
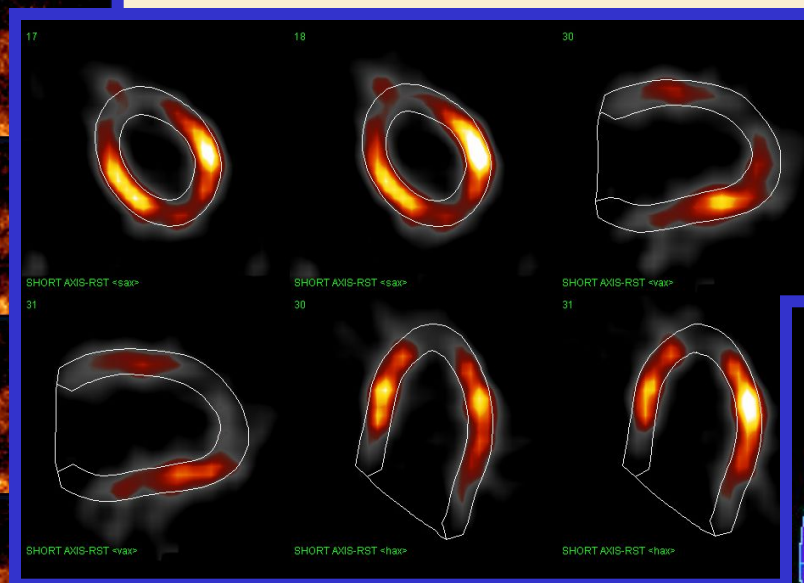
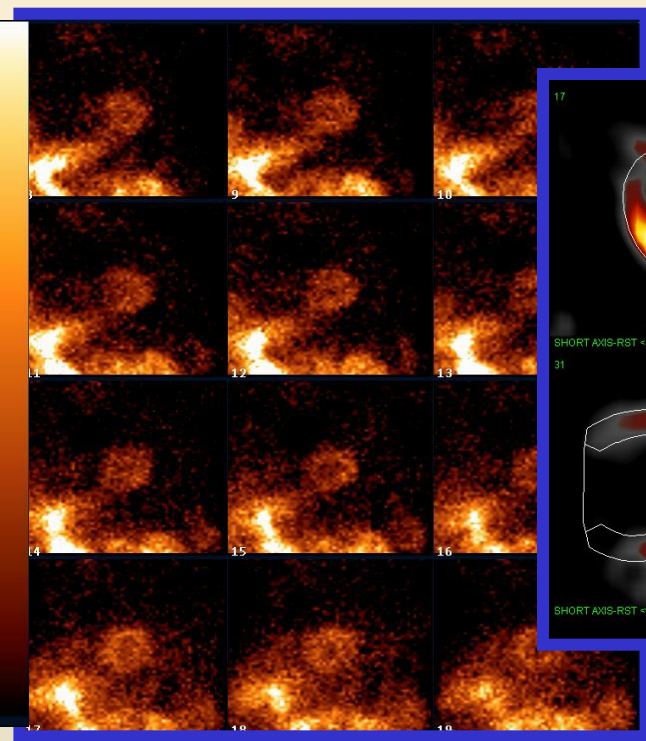
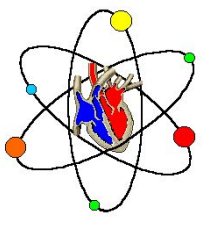
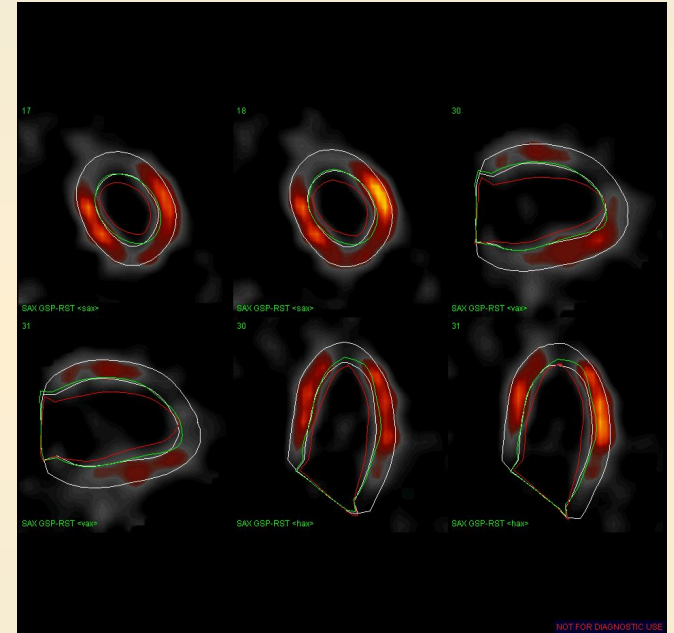
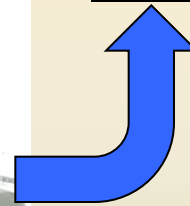


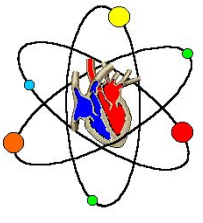
# Радионуклидная диагностика в кардиологии



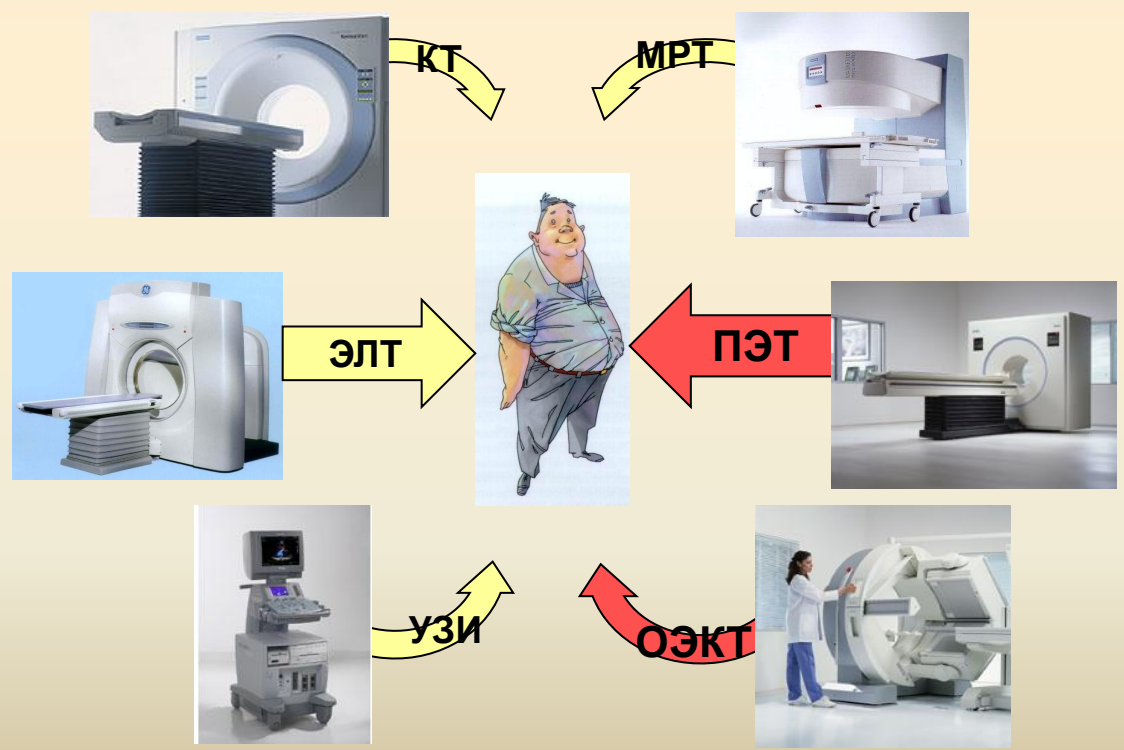
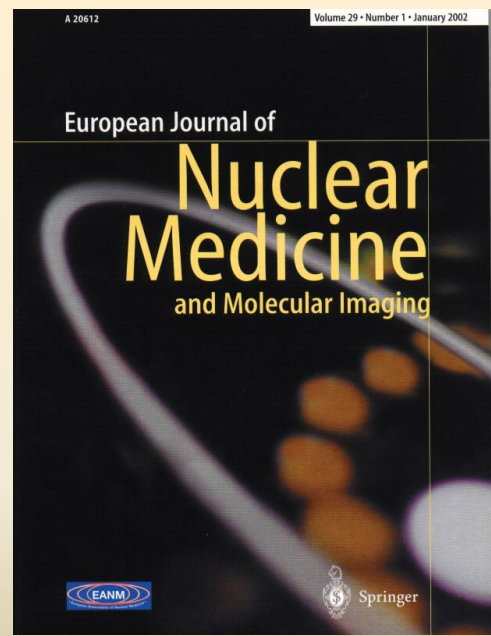


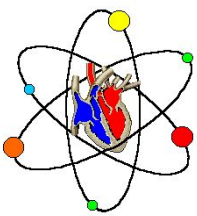
**Ядерная кардиология** – это разновидность лучевой диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, связанная с введением в организм радионуклидов.





**Отличительной чертой методов ядерной кардиологии является их функциональность.** Уступая рентгеновской или магнитно-резонансной томографии в разрешающей способности, методы радионуклидной индикации позволяют оценивать физиологические и патофизиологические изменения, происходящие в организме (molecular imaging).





# **ОСНОВНЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ЯДЕРНОЙ КАРДИОЛОГИИ**

**Диагностика сердечно-сосудистых  
заболеваний**

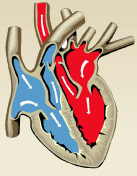
**Выбор тактики и оценка  
результатов лечения**

**Определение прогноза**



## ФАКТОРЫ, ЗАТРУДНЯЮЩИЕ ДИАГНОСТИКУ КОРОНАРНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ:

- атипичная клиника;
- низкая информативность физикальных методов исследования и ЭКГ, выполненной в покое;
- недостаточно высокая чувствительность (66%) и специфичность (77%) нагрузочных ЭКГ-тестов;
- инвазивность и высокая стоимость коронарной ангиографии.



Встречаемость асимптомной ИБС среди мужчин 45-54 лет  
(Ross, 1992)

1,0%

Исходы

Инфаркт миокарда  
0,5%

Внезапная смерть  
0,2%

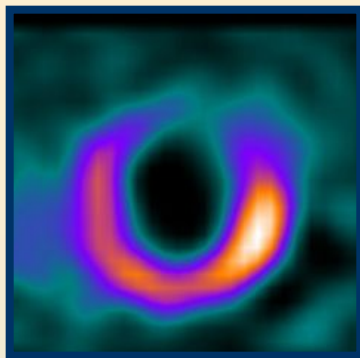
Стенокардия  
0,3%



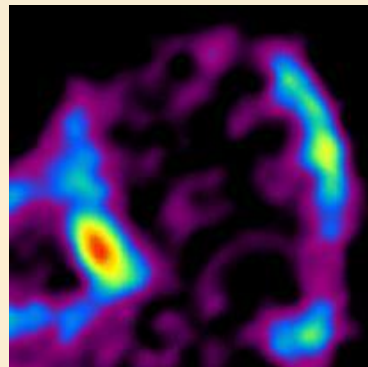
# Ишемический каскад

(Nesto R., 1987)

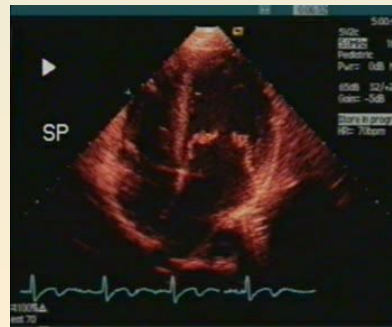
Потребность  
миокарда в  
кислороде



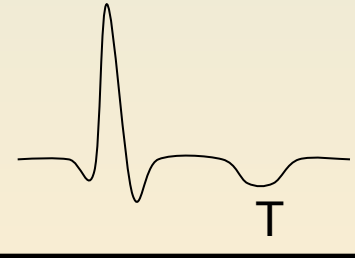
Нарушения  
перфузии



Нарушения  
метаболизма



Нарушения  
сократимости



ЭКГ нарушения

Боль



Нарушение миокардиальной перфузии является наиболее ранним доклиническим признаком развития коронарной недостаточности.

Нагрузка



Перфузия



# Перфузионная сцинтиграфия миокарда

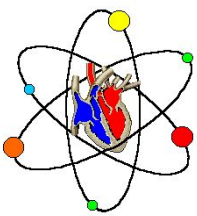
*Принцип метода основан на фиксации  
радиофармпрепарата  
в неишемизированном (интактном)  
миокарде пропорционально  
коронарному кровотоку*

# *ПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПЕРФУЗИОННОЙ СЦИНТИГРАФИИ СЕРДЦА*

- верификация и дифференциальная диагностика ИБС;
- подтверждение диагноза ОИМ в условиях сомнительной ЭКГ;
- исследование перфузии миокарда ЛЖ при его некоронарогенных поражениях;

# ***ПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПЕРФУЗИОННОЙ СЦИНТИГРАФИИ СЕРДЦА***

- диагностика коронарной болезни малых сосудов;
- мониторинг результатов терапевтического, хирургического и реабилитационного лечения ИБС и ее осложнений (динамическое наблюдение).



# ПЕРФУЗИОННАЯ СЦИНТИГРАФИЯ МИОКАРДА

**ОЭКТ**

**Таллия-201 хлорид ( $^{201}\text{Tl}$ )**

**Таллия 199-хлорид ( $^{199}\text{Tl}$ )**

**$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -МИБИ  
(Технетрил)**

**$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -тетрофосмин**

*Диагностика достигла таких успехов, что  
здоровых людей практически не осталось.*

*Бертран Рассел*

# Сравнение радиофармпрепаратов для перфузионной сцинтиграфии миокарда

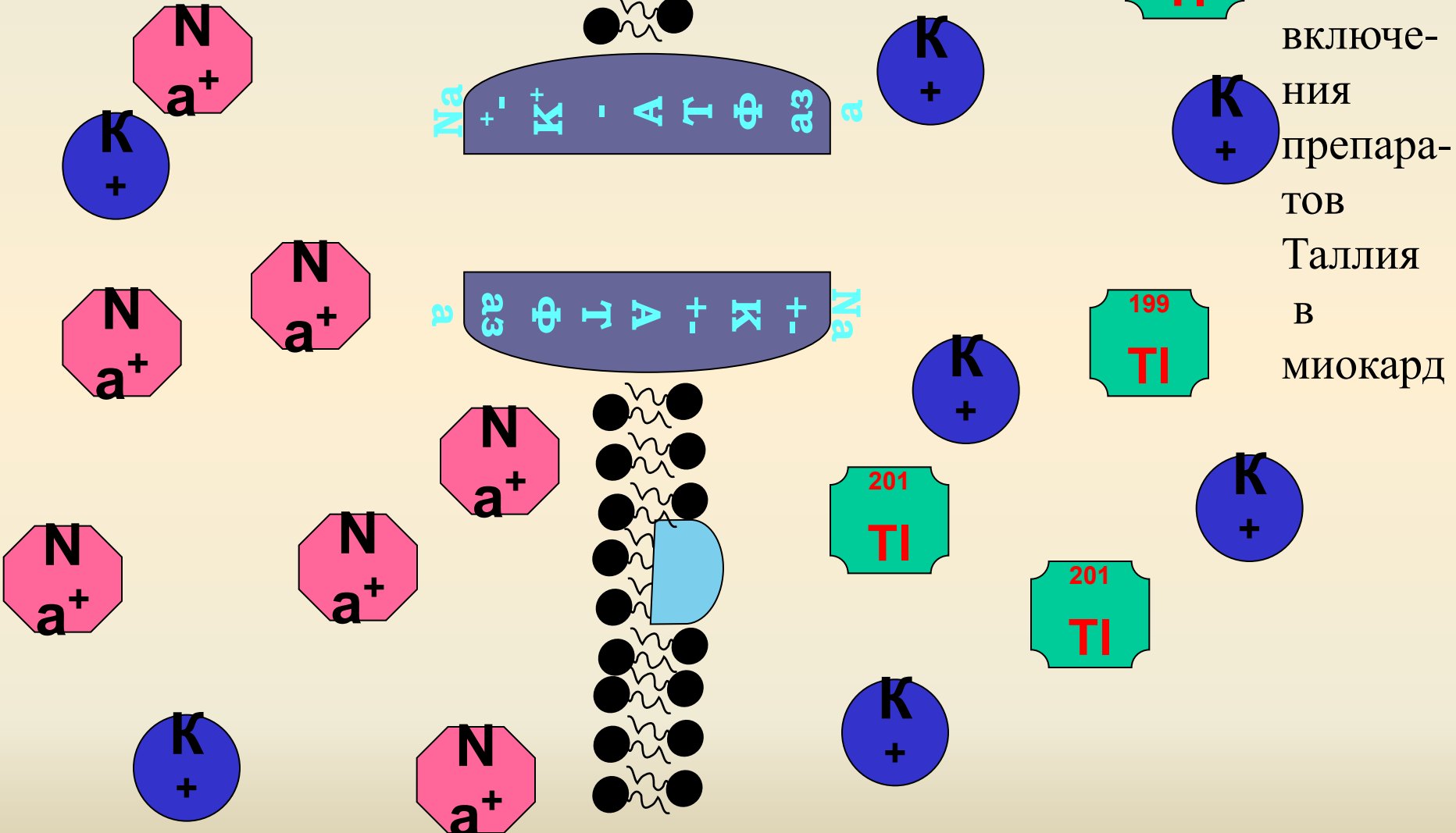
	$^{201}\text{Tl}$	$^{199}\text{Tl}$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ - МИБИ	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ - тетрофосмин
Способ получения нуклида	высокоэнергетический циклотрон	низкоэнергетический циклотрон	генератор технеция	
Период полураспада	72 ч	7,4 ч	6 ч	
Основной энергетический пик	80 КэВ	72,5 КэВ	140 КэВ	
Протокол исследования	Нагрузка-перераспределение		Нагрузка-покой	
Стоимость диагностической дозы (руб.)	4000	2100	$\frac{500+500}{1000}$	$\frac{850+850}{1700}$

2006г.

**НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН  
г.Томск**

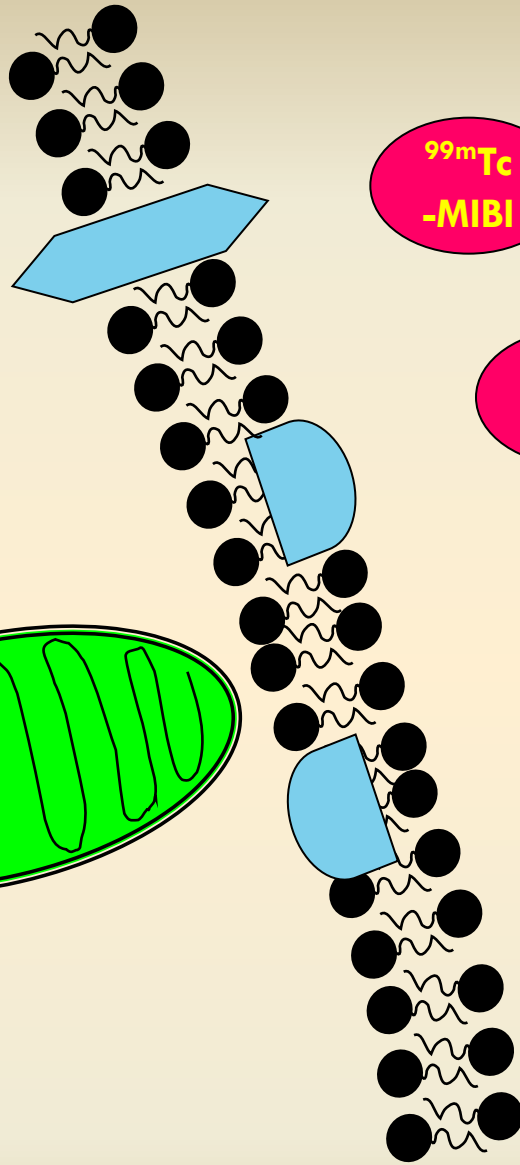
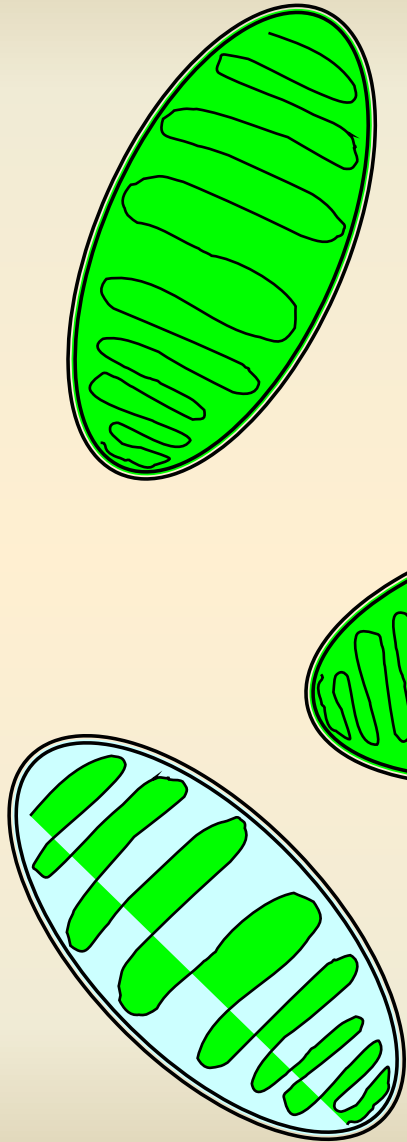


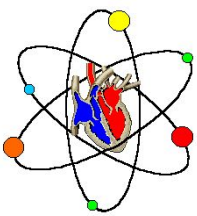
# ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ МАТРИКС



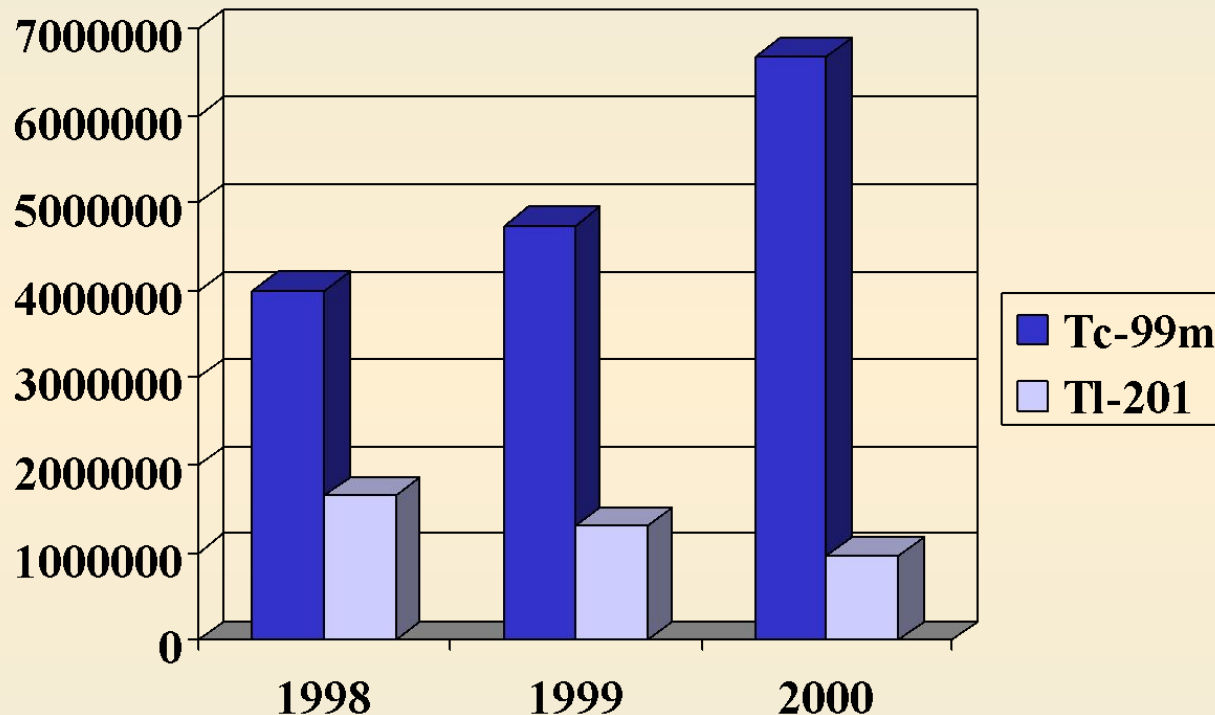
Меха-  
низм  
включе-  
ния  
препара-  
тов  
Таллия  
в  
миокард

# ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ МАТРИКС





# Количество исследований миокарда с $^{201}\text{Tl}$ и комплексами $^{99\text{m}}\text{Tc}$ в Европе



# Протокол перфузионной сцинтиграфии миокарда с $^{199}\text{Tl}$ или $^{201}\text{Tl}$

**Функциональная нагрузочная проба  
+ 185 МБк  $^{199}\text{Tl}$  или 74 МБк  $^{201}\text{Tl}$  на пике пробы**

10-15 | мин

**ОЭКТ или планарное исследование**

4 | часа

**ОЭКТ или планарное исследование**

# Протокол перфузионной сцинтиграфии миокарда с $^{99m}\text{Tc}$ -МИБИ ( $^{99m}\text{Tc}$ -Технетрил)

1 день

Функциональная нагрузочная проба  
+370-740 МБк  $^{99m}\text{Tc}$ -МИБИ на пике пробы

1-2 | часа

ОЭКТ или планарное исследование

2 день

Инъекция 370-740 МБк  $^{99m}\text{Tc}$ -МИБИ в покое

1-2 | часа

ОЭКТ или планарное исследование



# Функциональные нагрузочные пробы для перфузионной сцинтиграфии миокарда

## Метод физических нагрузок

## Медикаментозные стресс-тесты

### Велоэргометрия

### Тредмил-тест

### Дипиридамоловая проба

### Аденозиновая проба

### Добутаминовая проба

**ЦЕЛЬ:** определить резерв коронарного кровотока (нагрузка позволяет увеличить венечную циркуляцию в интактном миокарде в 2,5 – 3,0 раза)

# Тредмил-тест

- 😊 физиологичность методики;
- 😊 достижение более высокой ЧСС, чем на велоэргометре, поскольку усталость ног является частой причиной прекращения нагрузки при ВЭМ, особенно у ослабленных и пожилых людей
- 😞 неудобство внутривенного введения РФП;
- 😞 необходимость дополнительного пересчета выполненной работы (с учетом веса пациента)

# Велоэргометрия

- Возможность выполнения пробы лежа на спине;
- Удобства для внутривенного введения РФП и выполнения терапевтических процедур в случае возникновения осложнений нагрузочного теста.

## Протокол исследования

- Начало нагрузки с 25 Вт и увеличение ее на 25 Вт каждые 3 мин.
- В начале и в конце каждой ступени измерение АД и регистрация ЭКГ в грудных отведениях.
- Тест выполняется до появления одного из критериев прекращения пробы
- Инъекция РФП сразу после прекращения теста

# Критерии прекращения пробы:

- усталость пациента;
- появление болей за грудиной, одышки или перемежающейся хромоты;
- снижение АД более чем на 10 мм Hg по сравнению с предыдущим уровнем физической нагрузки;
- развитие мерцательной аритмии или экстрасистолии по типу бигемении, частой предсердной или желудочковой тахикардии;
- подъем или депрессия сегмента ST;
- достижение субмаксимальной частоты сердечных сокращений («220 – возраст» для мужчин и «210 – возраст» для женщин)

# Дипиридамоловая проба

## Механизм

- **Блокада процесса разрушения аденозина аденозиндеаминой и накопление этого соединения в гладкой мускулатуре артериол.**
- **Аденозинзависимая активация пуринорецепторов клеточных мембран влечет за собой повышение внутриклеточного уровня цАМФ и дилатацию артериол.**

### **Развитие синдрома обкрадывания:**

- Увеличение кровотока через магистральные артерии может приводить к снижению перфузионного давления в постстенотической части сосуда;
- Уменьшение кровотока через коллатерали, участвующих в кровоснабжении зон вследствие общей коронарной вазодилатации и снижения перфузионного давления;
- Снижение системного АД и возникающая при этом рефлекторная тахикардия вызывают увеличение потребности миокарда в кислороде.



# Аденозиновая проба

## Протокол исследования

- Медленная внутривенная инфузия АТФ в дозе 0,14 мг/кг веса пациента /мин в течении 4 мин.
- Ежеминутное измерение АД и регистрация ЭКГ в грудных отведениях.
- В случае появления одного из критериев прекращения пробы тест прекращается;
- Инъекция РФП сразу после прекращения теста

У 50% больных после инъекции АТФ отмечается появление загрудинных болей, головокружение или покраснение лица. Побочные эффекты обычно быстро проходят благодаря быстрому метаболизму препарата в плазме крови ( $T_{1/2}=10$  с).

# Добутаминавая проба

## Механизм

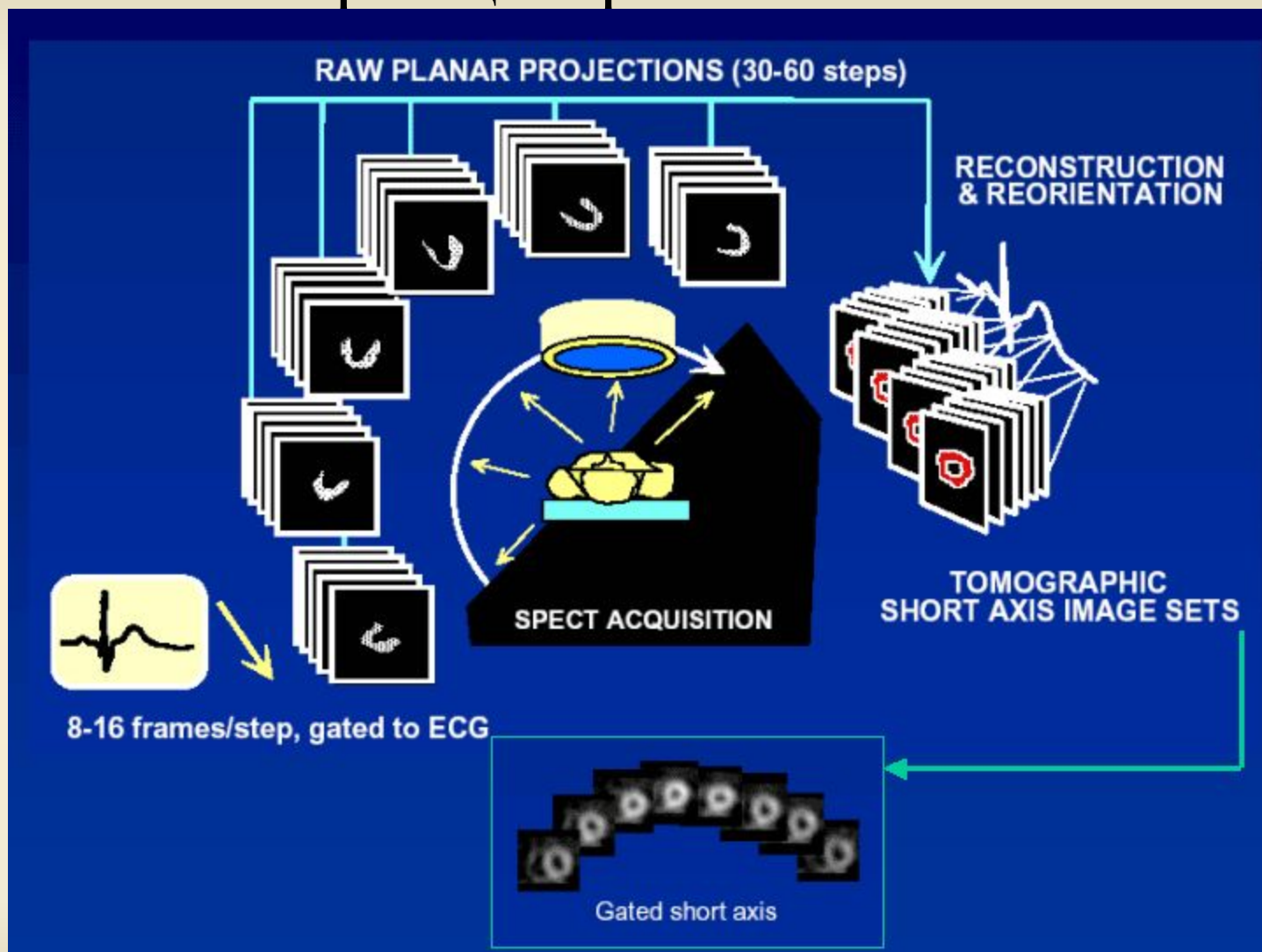
Добутамин увеличивает потребность миокарда в кислороде, вызывая тахикардию и транзиторную гипертензию.

### Протокол исследования

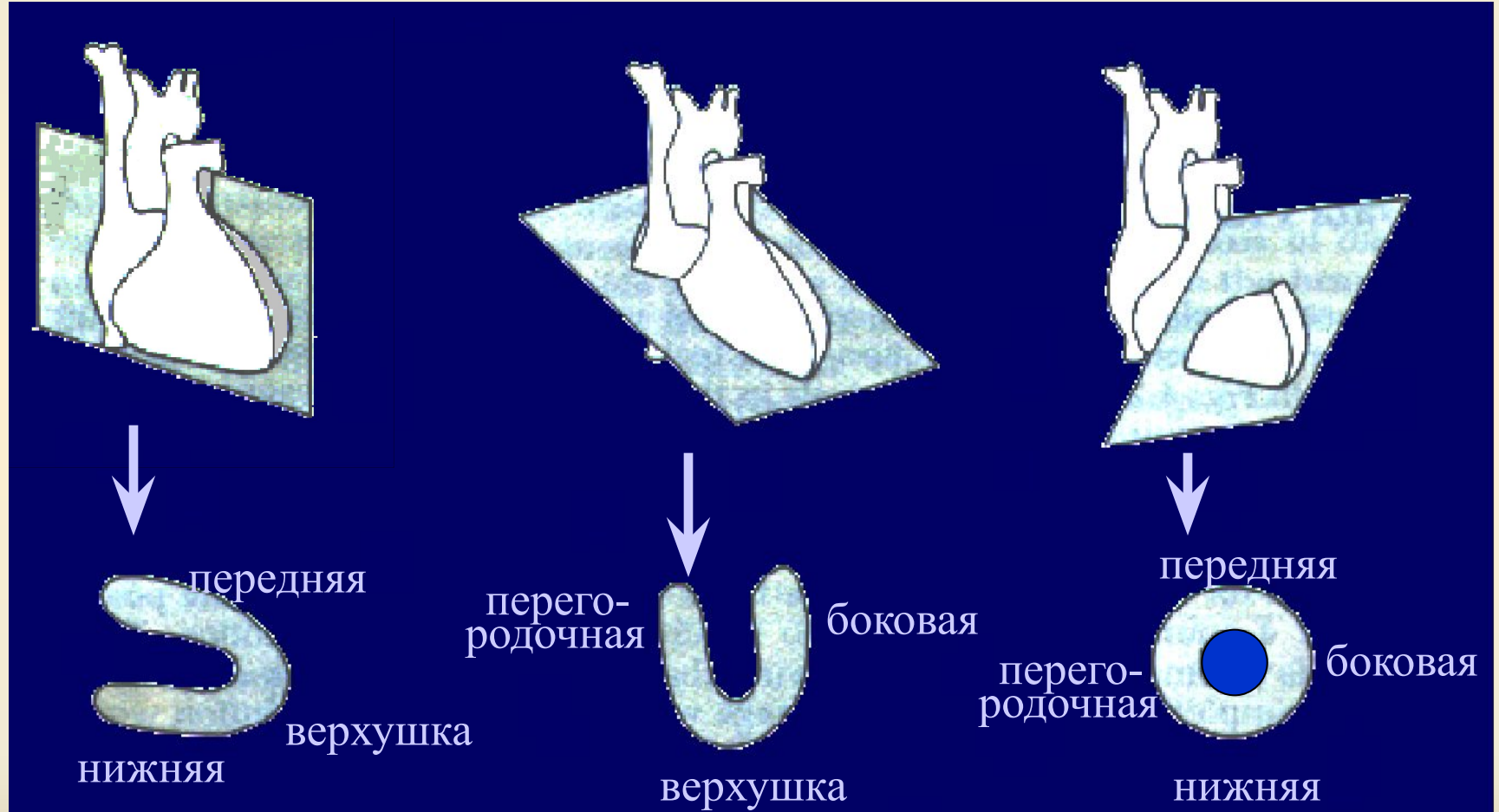
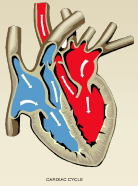
- Медленная внутривенная инфузия добутамина в дозе 5 мкг/кг веса пациента /мин в течении 5 мин, увеличивая дозировку каждые 5 мин на 5 мкг/кг/мин до достижения 20 мкг/кг/мин.
- Ежеминутное измерение АД и регистрация ЭКГ в грудных отведениях.
- В случае появления одного из критериев прекращения пробы тест прекращается;
- Инъекция РФП сразу после прекращения теста

В 78% случаев наблюдаются неприятные ощущения в грудной клетке, у 38% больных отмечаются нетяжелые аритмии, а у 64% лиц - покалывание кожи, сердцебиение, покраснение лица. Побочные эффекты обычно быстро проходят благодаря быстрому метаболизму препарата в плазме крови ( $T_{1/2}=90$  с).

# Принцип работы ОЭКТ



# Схема получения томографических срезов сердца



Вертикальный срез  
по длинной оси

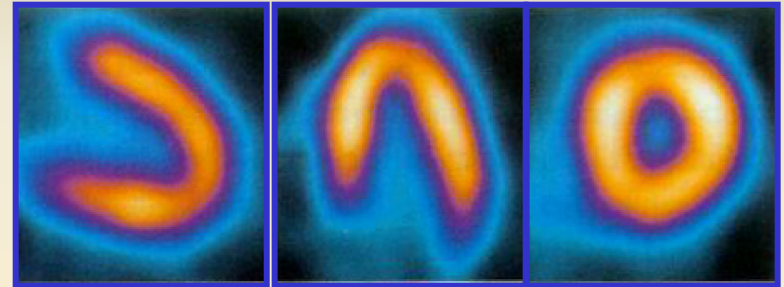
Горизонтальный срез  
по длинной оси

Срез по короткой  
оси сердца

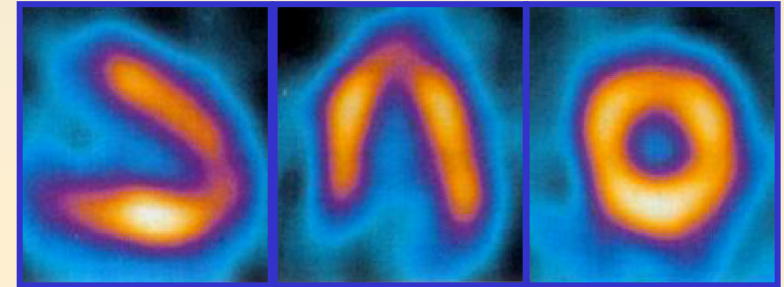
# Перфузионная сцинтиграфия миокарда в норме

*Наблюдение в течение 34 месяцев за 164 больными. Отсутствие кардиальных событий.*

**Нагрузка**

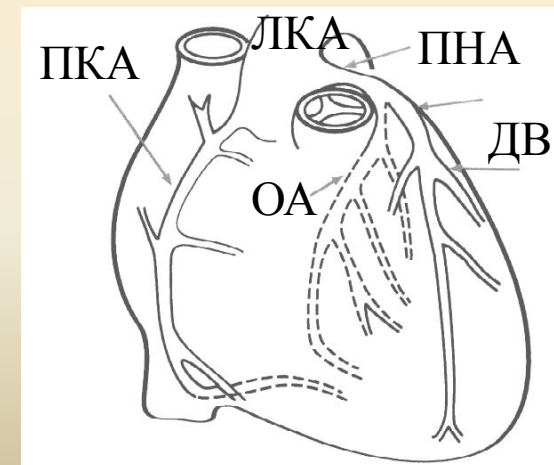


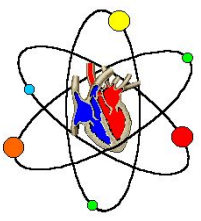
**Покой**



*При обнаружении нормальной миокардиальной перфузии можно отказаться от дополнительного обследования пациентов в связи с низкой вероятностью кардиальных событий.*

**Schalet BD et al. Am J Cardiol, 1993; 72:1201-3**





## Для коронарной недостаточности характерно наличие дефектов перфузии

### Виды дефектов перфузии сердца:

- ***Преходящие (обратимые)*** - проявляются возникновением гипо(а)перфузии только на фоне нагрузочной пробы
- ***Стабильные***, если при нагрузочной пробе и в покое (или на отсроченных сцинтиграммах при использовании  $^{199(201)}Tl$ ) их площадь и степень нарушения перфузии остаются неизменными
- ***Частично-обратимые*** - характеризуются наличием гипоперфузии в покое, степень которой усугубляется на фоне нагрузочной пробы



# Перфузионная сцинтиграфия миокарда при ИБС

Больная, 65 лет

**Жалобы:** ангинозные боли.

**Добутаминавая проба:**

до 20 мкг/кг/мин, на пике

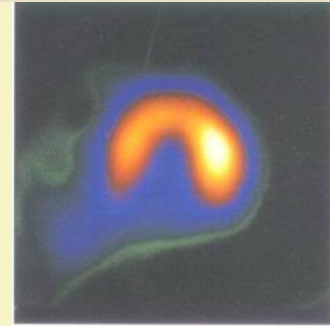
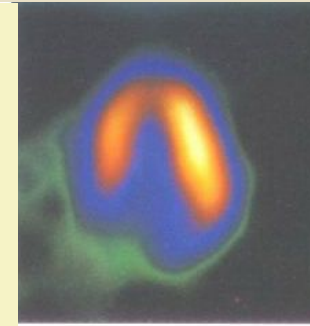
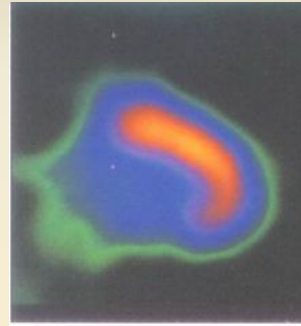
нагрузки АД – 158/74

ЧСС 138 уд/мин.

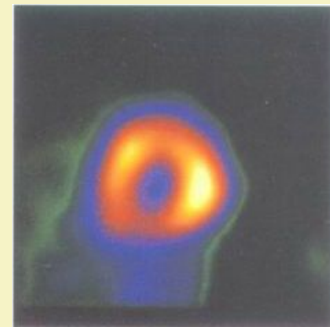
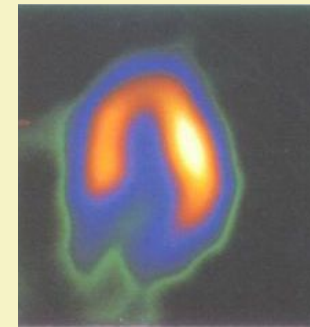
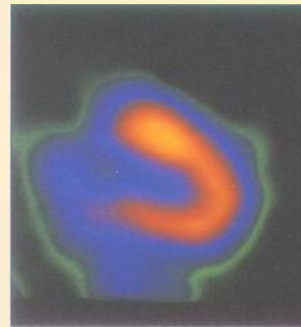
Критерии прекращения

пробы: ангинозные боли.

**Нагрузка**



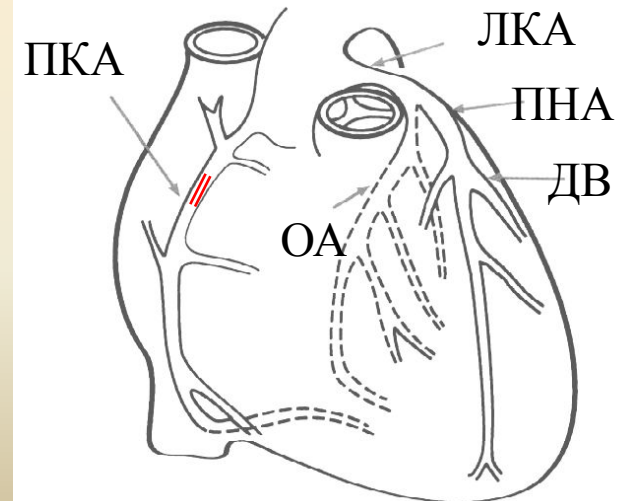
**Покой**



**Перфузионная сцинтиграфия миокарда**

**Заключение:** Преходящий дефект перфузии задней стенки ЛЖ (бассейн кровоснабжения ПК или ОА).

**Ангиография:** Стеноз проксимальных отделов ПКА. Сократимость ЛЖ в норме.



# Перфузионная сцинтиграфия миокарда при ИБС

Больной, 53 года

**Жалобы:** ангинозные боли.

**ВЭМ:** 50 Вт, на пике нагрузки АД – 140/84 ЧСС 124 уд/мин.

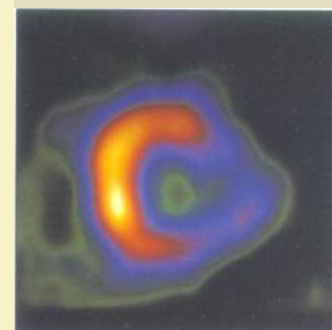
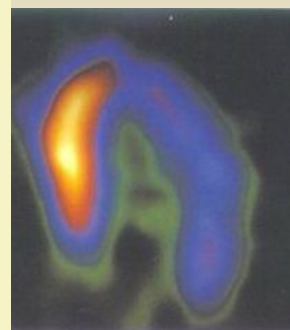
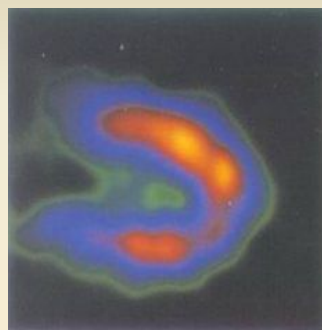
Критерии прекращения пробы: ангинозные боли, депрессия ST.

## Перфузионная сцинтиграфия миокарда

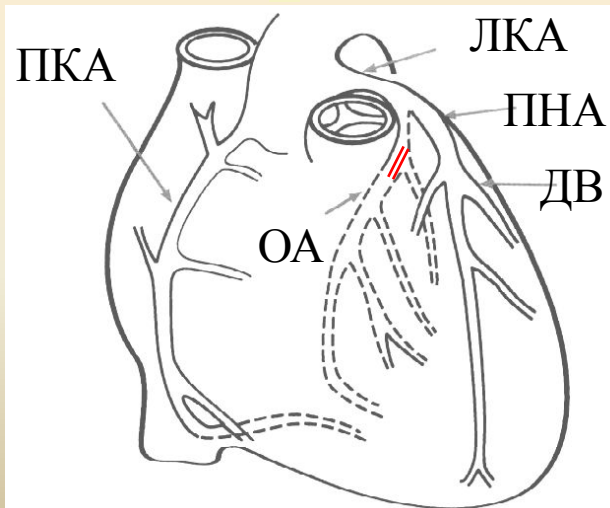
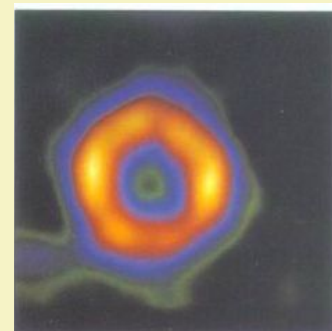
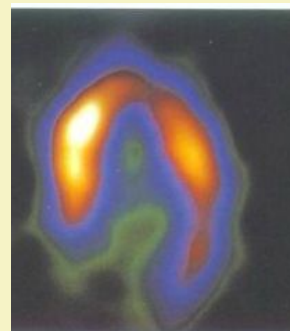
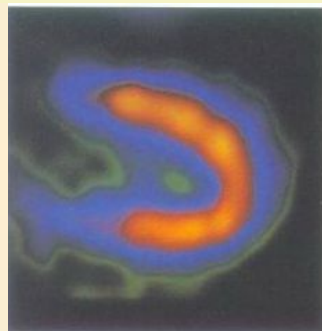
**Заключение:** Преходящий дефект перфузии боковой стенки ЛЖ (бассейн кровоснабжения ОА или ПК).

**Ангиография:** Стеноз проксимальных отделов ОА. Левый тип кровоснабжения. Сократимость ЛЖ в норме.

Нагрузка



Покой





# Перфузионная сцинтиграфия миокарда при ИБС

Больной, 57 лет

**Жалобы:** ангинозные боли.

**ВЭМ:** 50 Вт, на пике нагрузки АД – 140/84 ЧСС 124 уд/мин.

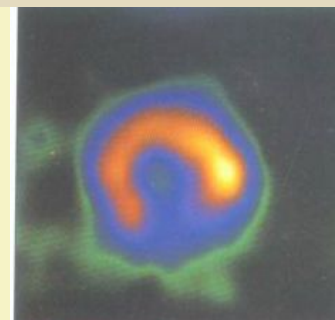
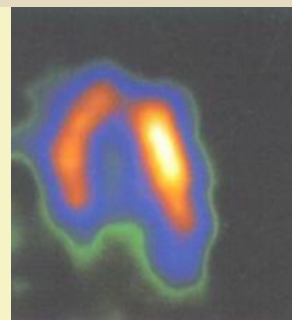
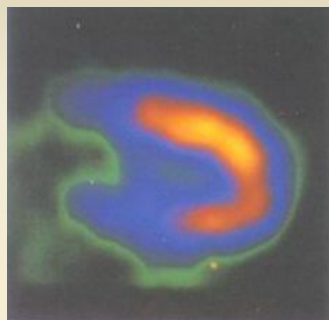
Критерии прекращения пробы: ангинозные боли, депрессия ST.

## Перфузионная сцинтиграфия миокарда

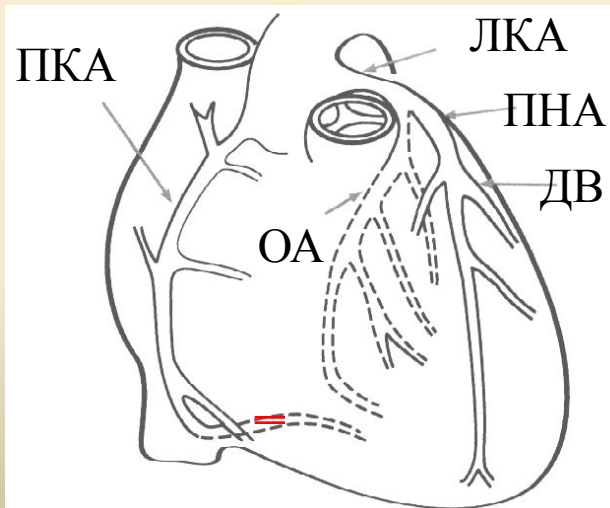
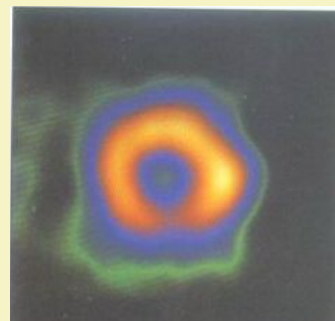
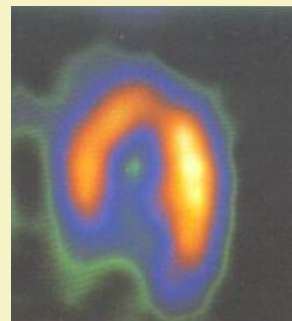
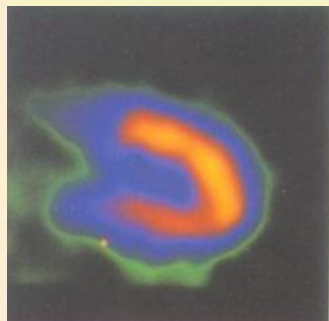
**Заключение:** Преходящий дефект перфузии задней стенки ЛЖ (бассейн кровоснабжения задней нисходящей артерии).

**Ангиография:** Стеноз задней нисходящей артерии. Правый тип кровоснабжения. Сократимость ЛЖ в норме.

Нагрузка



Покой



# Перфузионная сцинтиграфия миокарда при ИБС

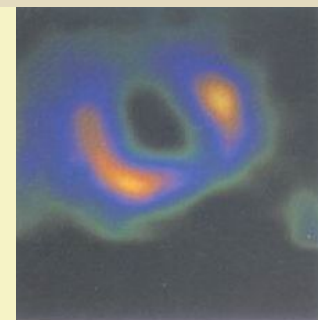
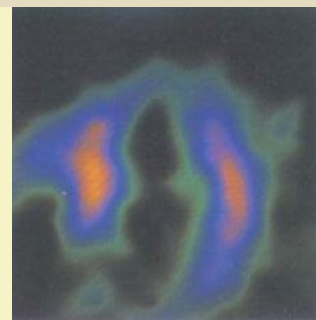
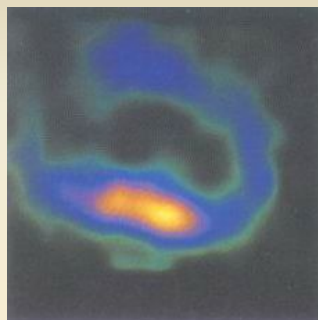
Больной 60 лет.

**Жалобы:** Ангинозные боли. Гипертоническая болезнь.

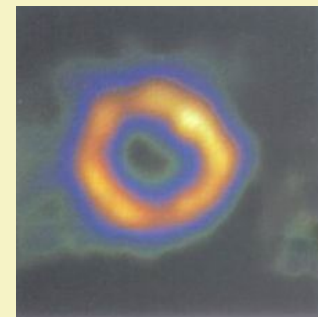
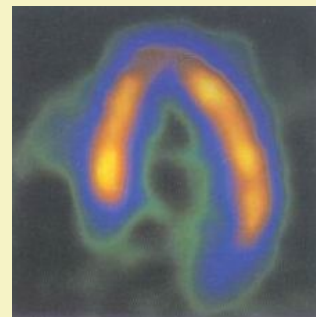
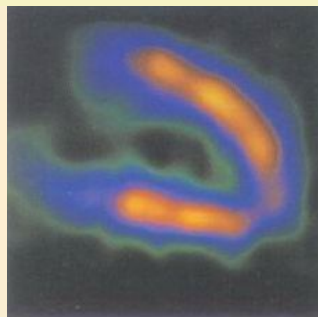
**Добутаминавая проба:**

до 20 мкг/кг/мин, на пике нагрузки АД – 164/86 ЧСС 126 уд/мин.

Нагрузка



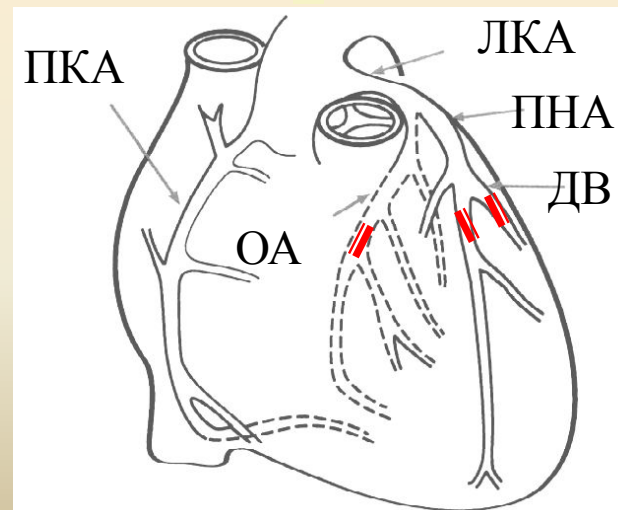
Покой



**Перфузионная сцинтиграфия миокарда**

**Заключение:** Преходящие дефекты перфузии в вершине, передней и заднебоковой стенках ЛЖ.

**Ангиография:** Проксимальные стенозы ОА, ПНА и диагональной ветви. Сократимость ЛЖ в пределах нормы.



# Перфузионная сцинтиграфия миокарда у больных, перенесших ИМ

Больной 61 год.

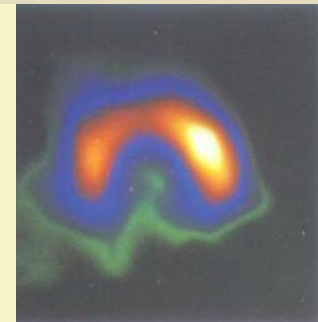
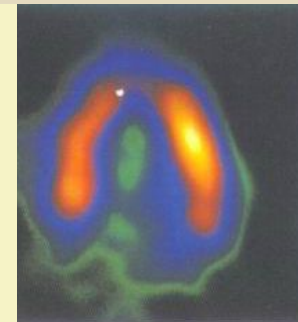
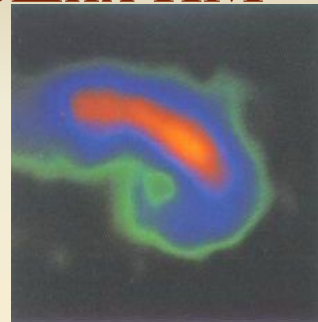
**Жалобы:** ангинозные боли. 1 мес. назад перенес ИМ.

**ЭКГ:** Q-зубец и нарушение реполяризации по задней стенке

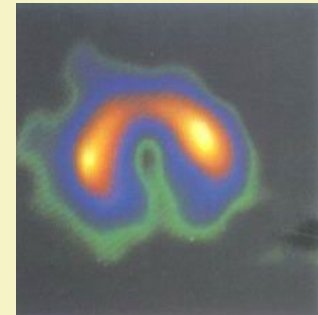
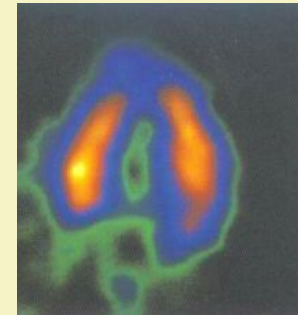
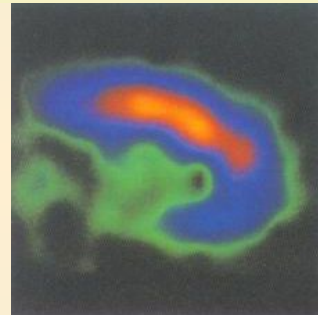
**ВЭМ:** 50 Вт, на пике нагрузки АД – 180/84 ЧСС 129 уд/мин.

Критерии прекращения пробы: боль за грудиной.

**Нагрузка**



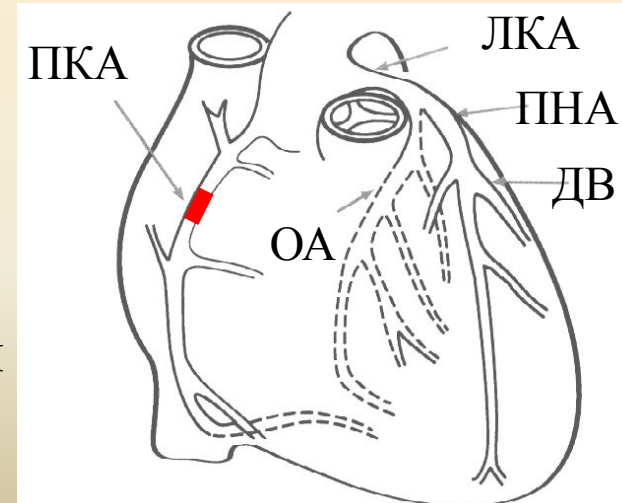
**Покой**



## Перфузионная сцинтиграфия миокарда

**Заключение:** Стабильный дефект перфузии в задней стенке ЛЖ

**Ангиография:** Окклюзия ПКА. Гипокинез задней стенки ЛЖ.



# Перфузионная сцинтиграфия миокарда у больных, перенесших ИМ

Больной 46 лет.

**Жалобы:** атипичные боли за грудиной. Перенес боковой ИМ.

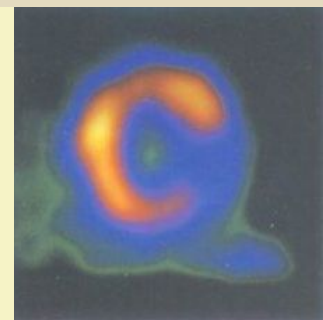
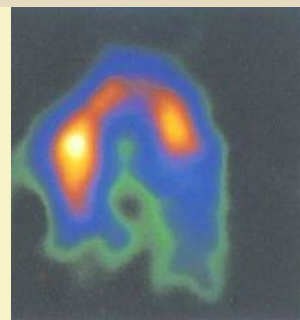
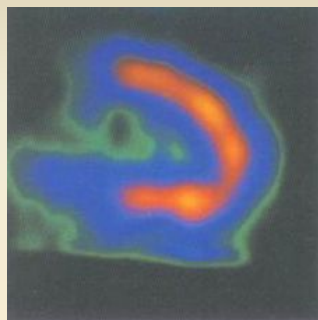
**ВЭМ:** 50 Вт, на пике нагрузки

АД – 135/80

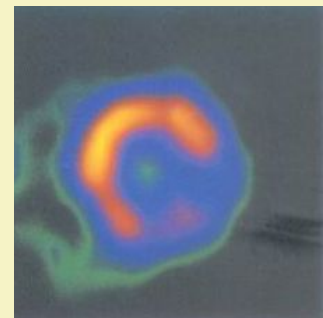
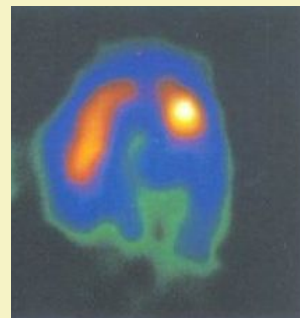
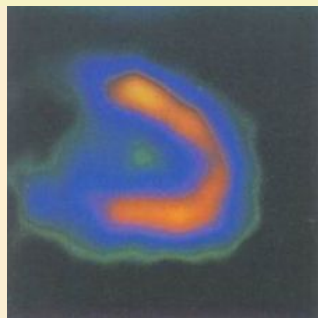
ЧСС 105 уд/мин.

Критерии прекращения пробы: боль за грудиной.

**Нагрузка**



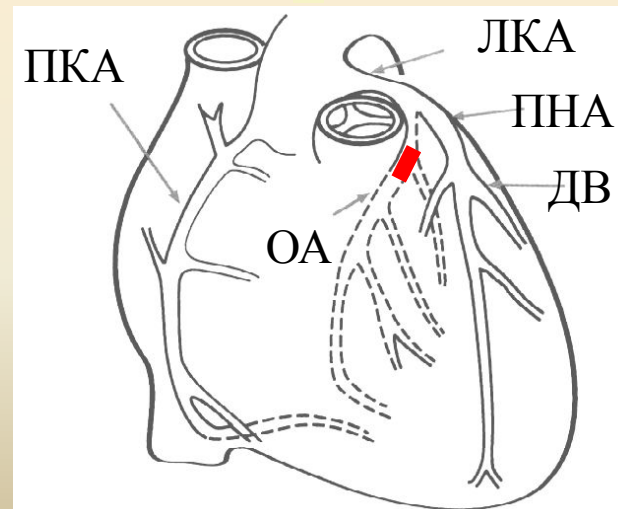
**Покой**



## Перфузионная сцинтиграфия миокарда

**Заключение:** Стабильный дефект перфузии в боковой стенке и базальных отделах задней стенки ЛЖ.

**Ангиография:** Окклюзия ОА. Гипокинез боковой стенки ЛЖ.





# Перфузионная сцинтиграфия миокарда у больных, перенесших ИМ

Больной 78 лет.

**Жалобы:** Ангинозные боли, одышка. Перенес передний ИМ.

**ЭКГ:** Q-зубец по передней стенке.

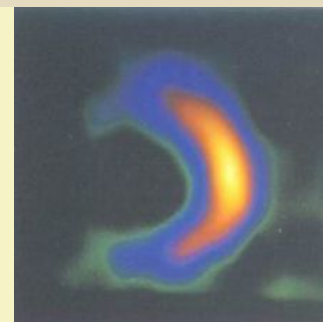
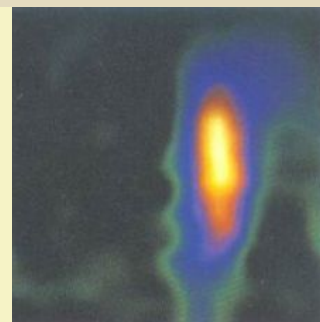
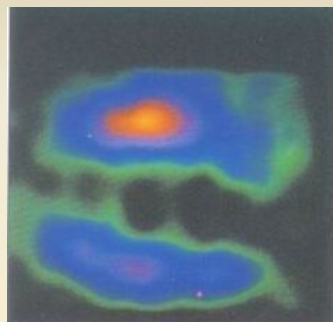
**ВЭМ:** 50 Вт, на пике нагрузки

АД – 140/70

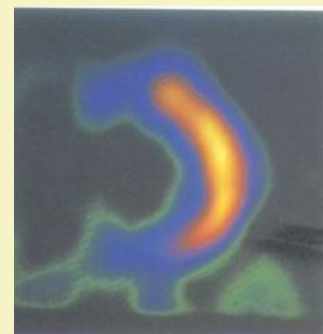
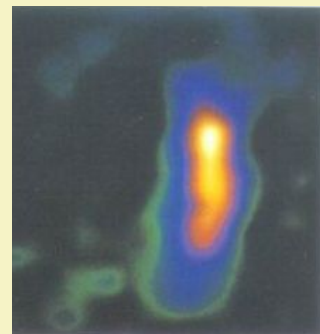
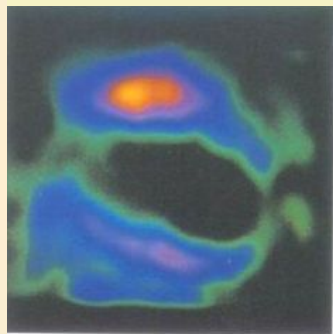
ЧСС 105 уд/мин.

Критерии прекращения пробы: одышка.

Нагрузка



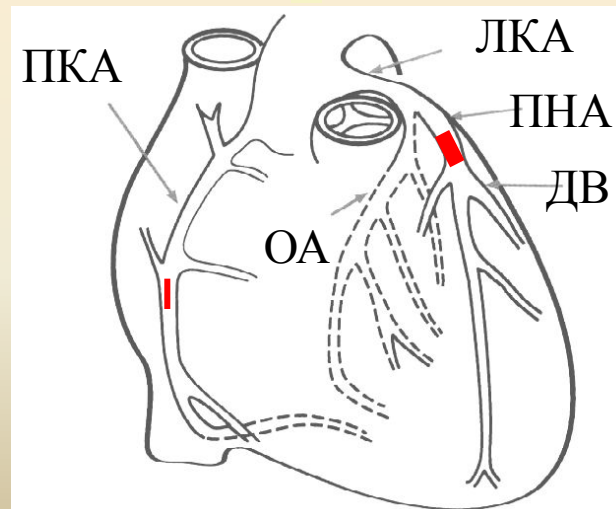
Покой



## Перфузионная сцинтиграфия миокарда

**Заключение:** Стабильный дефект перфузии в переднеперегородочной и верхушечных отделах ЛЖ. Дилатация полости ЛЖ.

**Ангиография:** Окклюзия передней нисходящей артерии. Дистальный стеноз ПКА. Аневризма верхушки, гипокинез передней стенки ЛЖ.



# Перфузионная сцинтиграфия миокарда у больных, перенесших ИМ

Больной 45 лет.

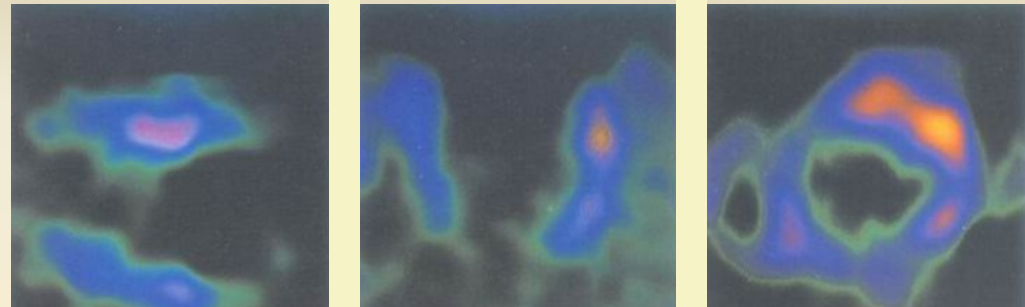
**Жалобы:** ангинозные боли. 5 лет назад перенес АКШ (3 артерии)

**ВЭМ:** 75 Вт, на пике нагрузки АД – 130/70

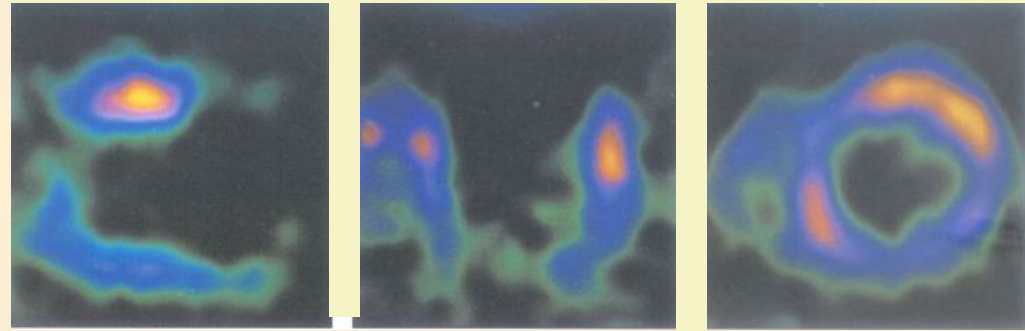
ЧСС 130 уд/мин.

Критерии прекращения пробы: усталость

Нагрузка



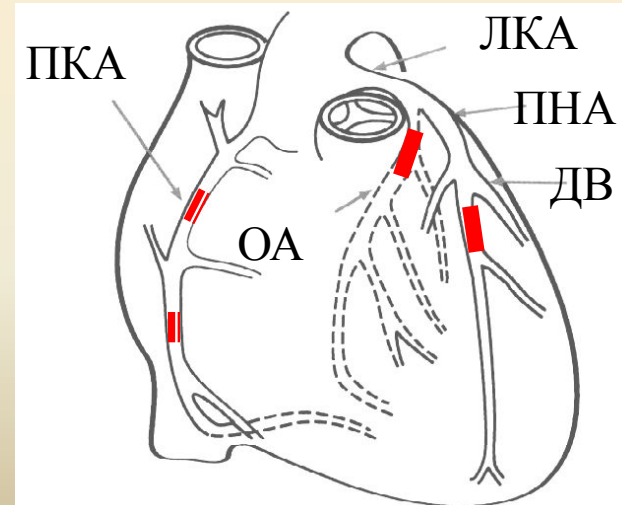
Покой

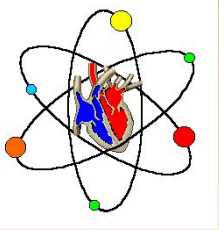


## Перфузионная сцинтиграфия миокарда

**Заключение:** Стабильные дефекты перфузии в верхушке, задней, перегородочной и боковой стенках ЛЖ.

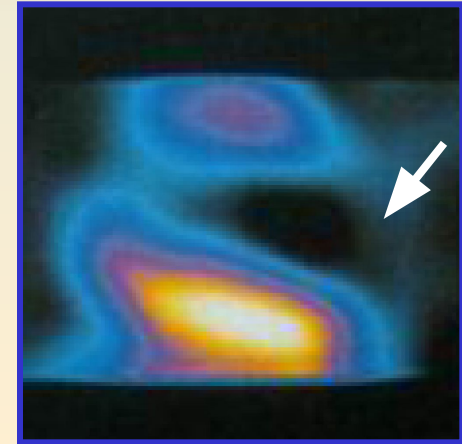
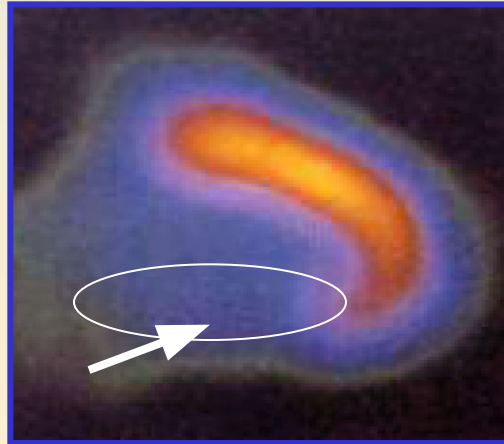
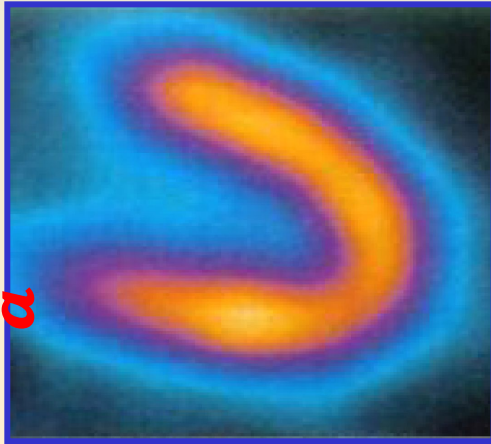
**Ангиография:** Проксимальная окклюзия ОА и ПНА дистальнее ДВ. Стенозы ПКА. Диффузный гипокинез ЛЖ, дискинезия верхушки.



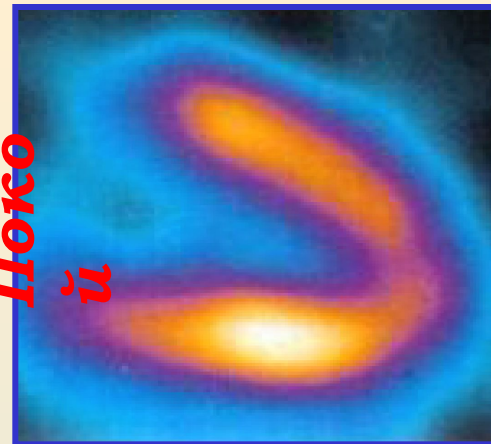


# ПЕРФУЗИОННАЯ СЦИНТИГРАФИЯ МИОКАРДА

Нагрузка



Покой



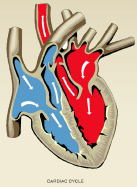
Перераспределение при исследовании с  $^{201}\text{Tl}$  ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ )

Норма

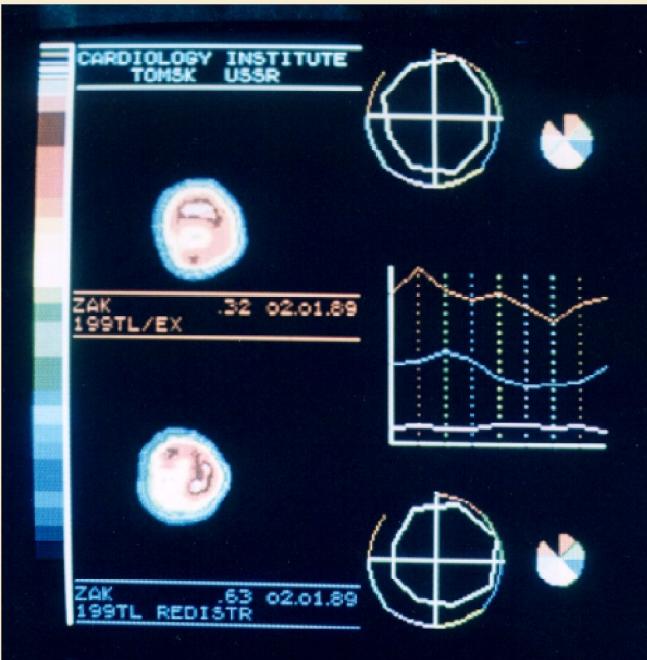
Ишемия  
(транзиторная)

Постинфарктный  
кардиосклероз

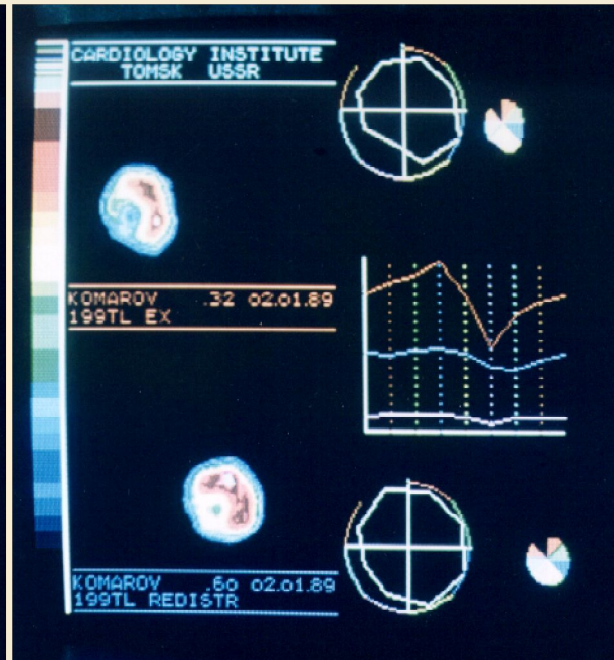




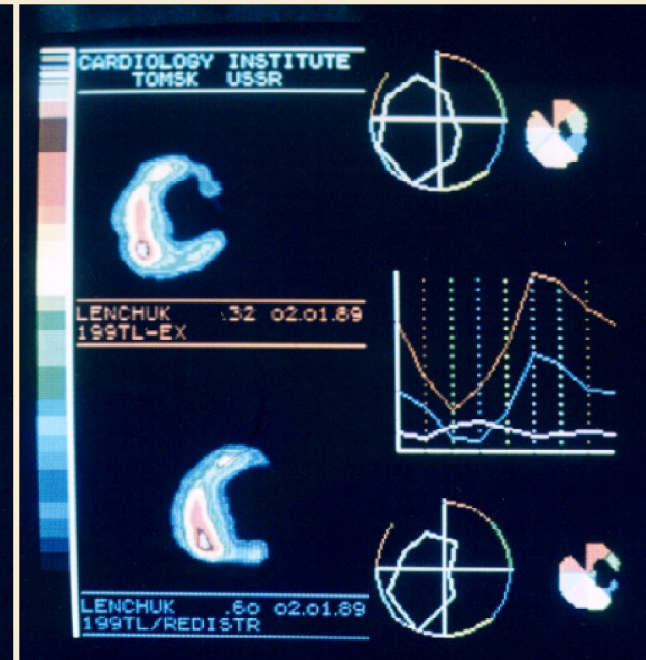
# Компьютерная обработка перфузионных сцинтиграмм миокарда



НОРМА



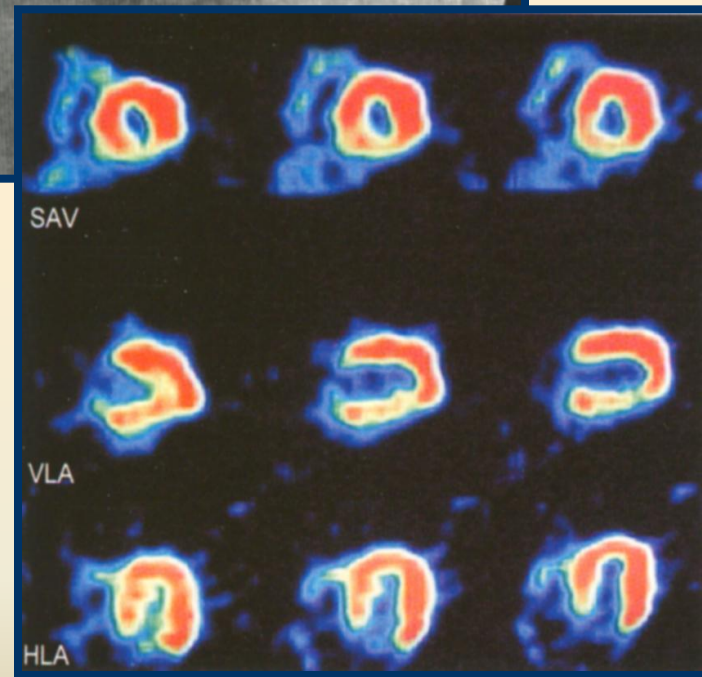
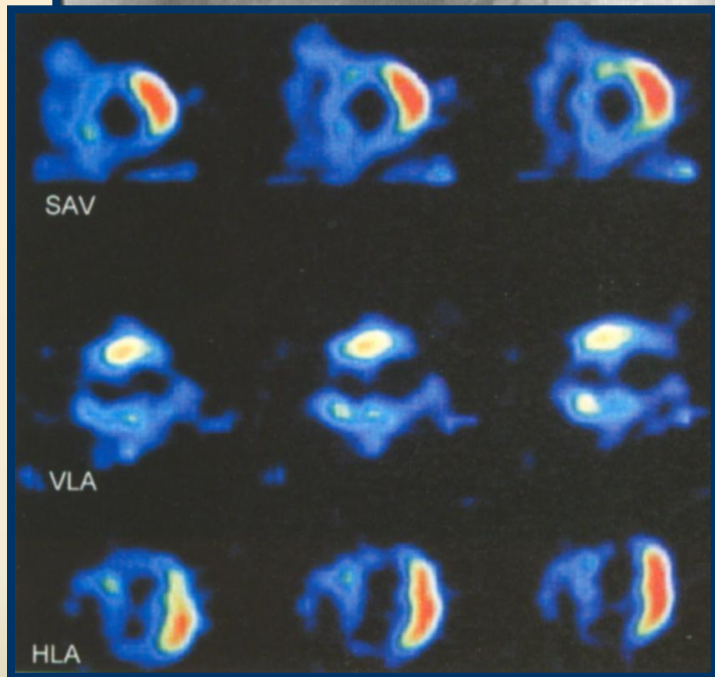
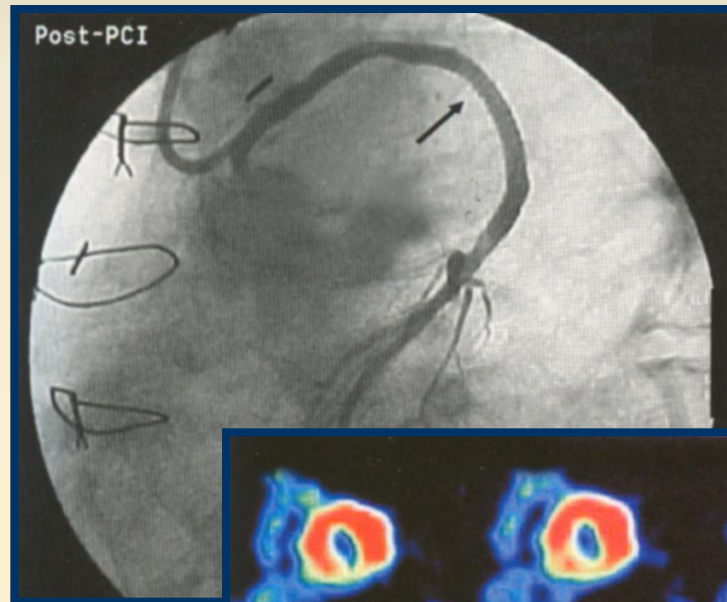
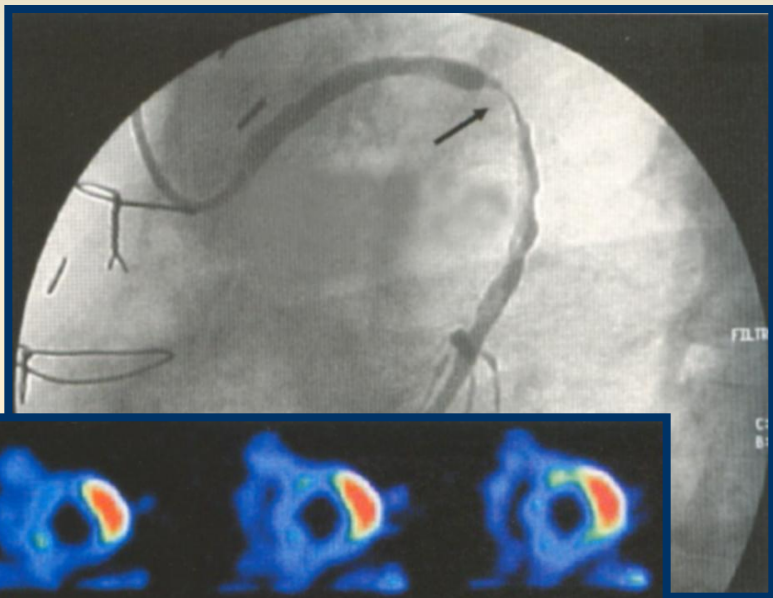
ИБС  
(транзиторная ишемия)



ПИКС



# Сцинтиграфическая оценка эффективности ревазуляризации миокарда

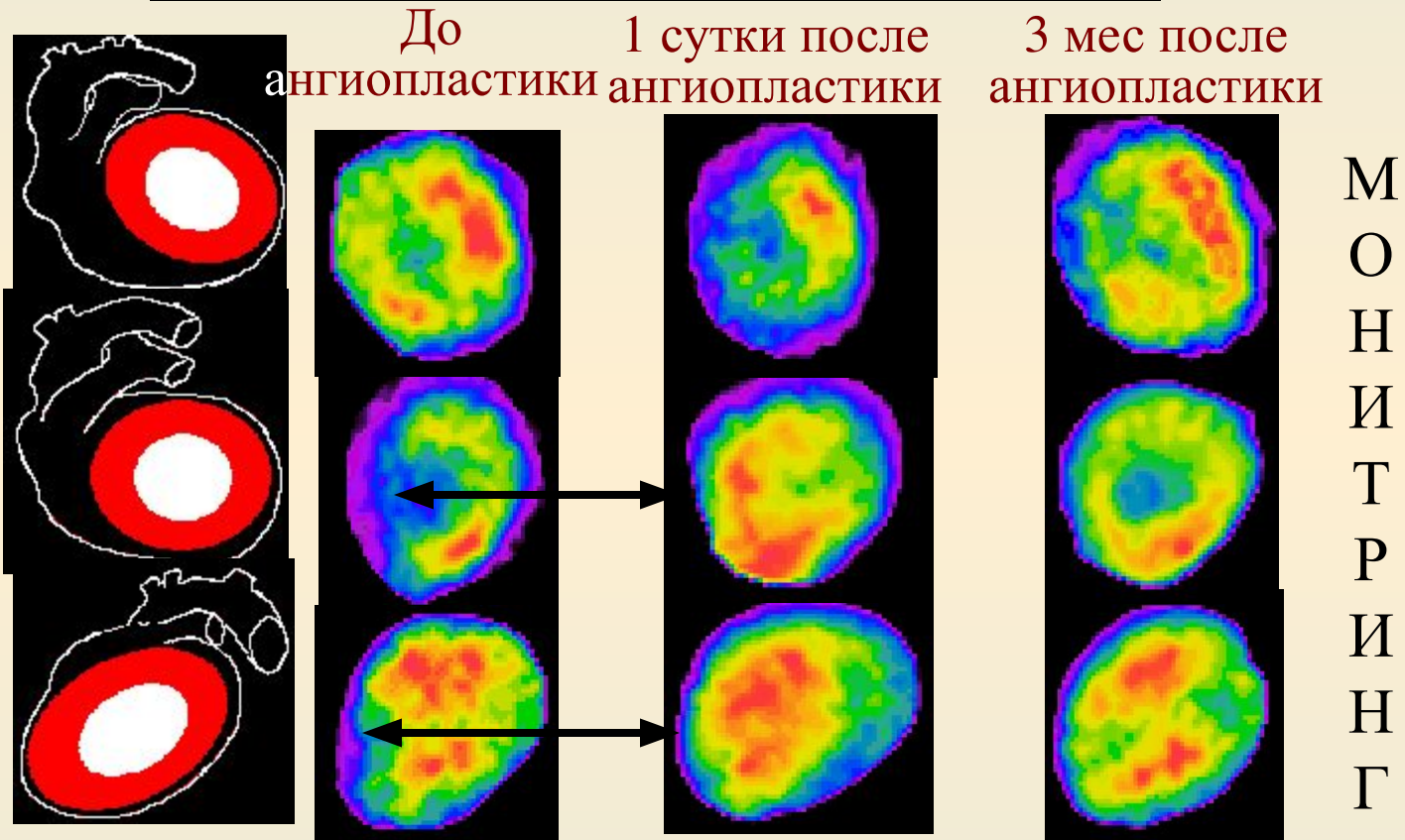


**До стентирования шунта ПНА**

**После стентирования шунта ПНА**

# ПЕРФУЗИОННАЯ СЦИНТИГРАФИЯ МИОКАРДА с Tc-99m-тетрофосмином

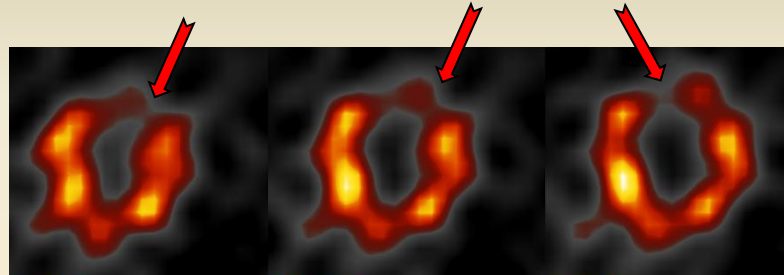
У больного острым коронарным синдромом  
без патологических изменений ЭКГ



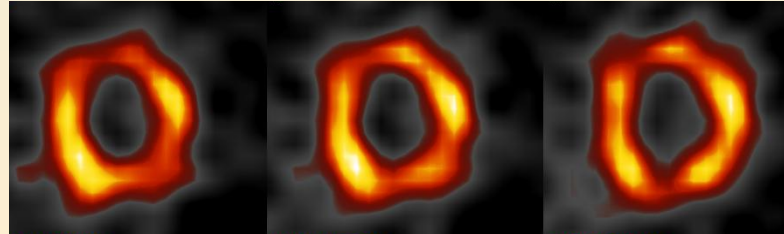
- На КАГ- окклюзия проксимальной трети ПМЖВ ЛКА(тромб) и умеренный стеноз средней трети ПКА.  
Ангиопластика и стентирование ПМЖВ ЛКА.

# Перфузионная сцинтиграфия сердца в оценке результатов лечения больных ИБС

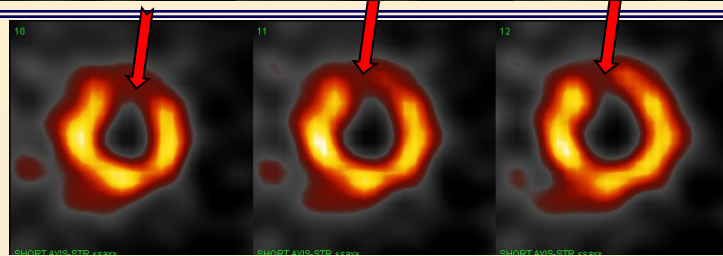
*До АКШ*



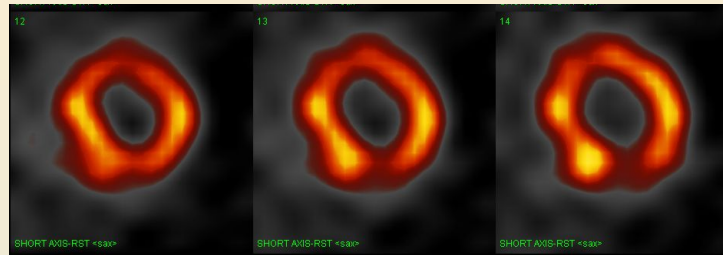
*После АКШ*



*До терапии*



*После лечения  
триметазидином*





# ЭКГ-синхронизированная перфузионная ОЭКТ миокарда

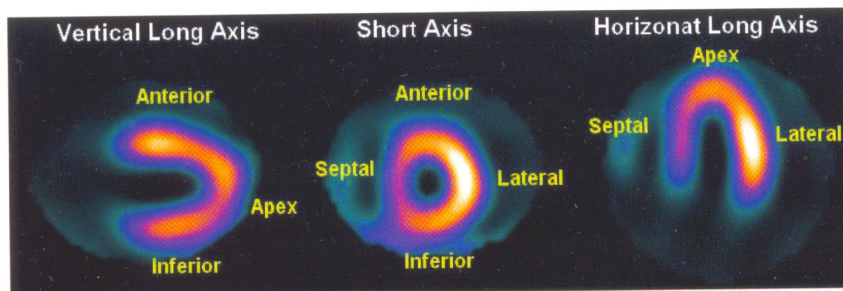


Schéma 1. Standardní orientace pro SPECT zobrazování myokardu.

Scheme 1. Standard orientation for cardiac SPECT imaging.

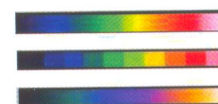
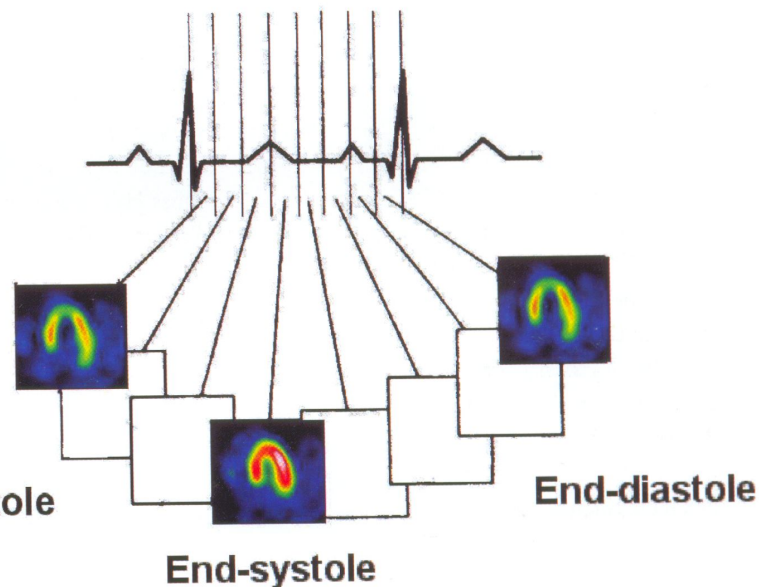
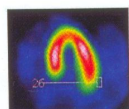


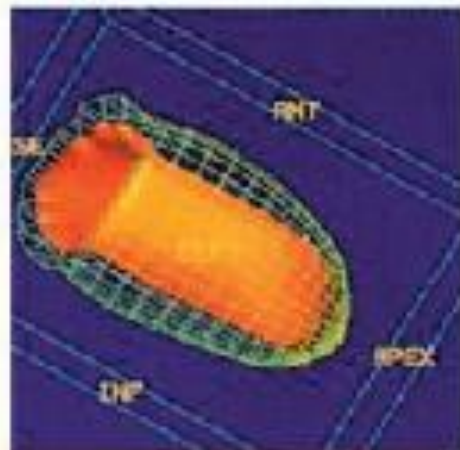
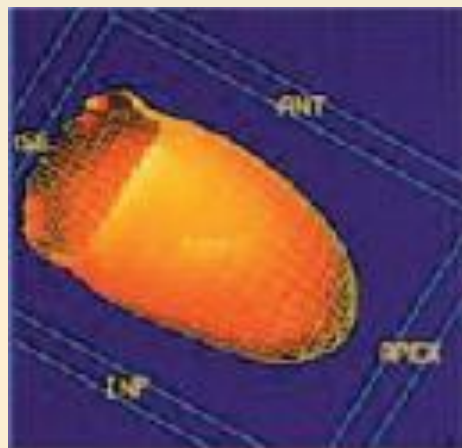
Schéma 2. Barevné škály použité v této knize. Každý pixel je zobrazen barvou odpovídající počtu impulsů, které obsahuje.

Scheme 2. The colour scales used to display images in this book. Each pixel is displayed with a colour corresponding to the number of counts it contains.

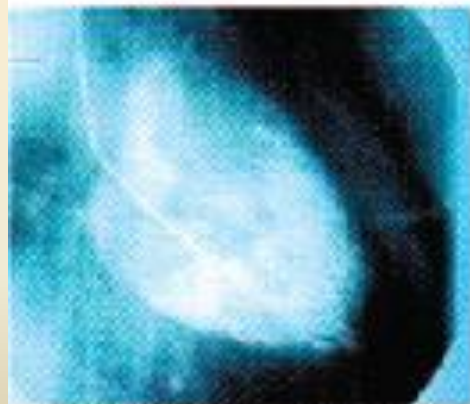
HLA Slice  
Ungated



# Сравнение показателей систолической функции ЛЖ при использовании ЭКГ-ПСМ миокарда и рентгенконтрастной вентрикулографии



ЭКГ-синхронизированная  
сцинтиграфия миокарда  
ФВЛЖ 58%



Рентгенконтрастная  
вентрикулография  
ФВЛЖ 59%

КОНЕЦ ДИАСТОЛЫ

КОНЕЦ СИСТОЛЫ

# ЭКГ-синхронизированная перфузионная сцинтиграфия миокарда

Больная 54 года.

**Жалобы:** ангинозные боли.

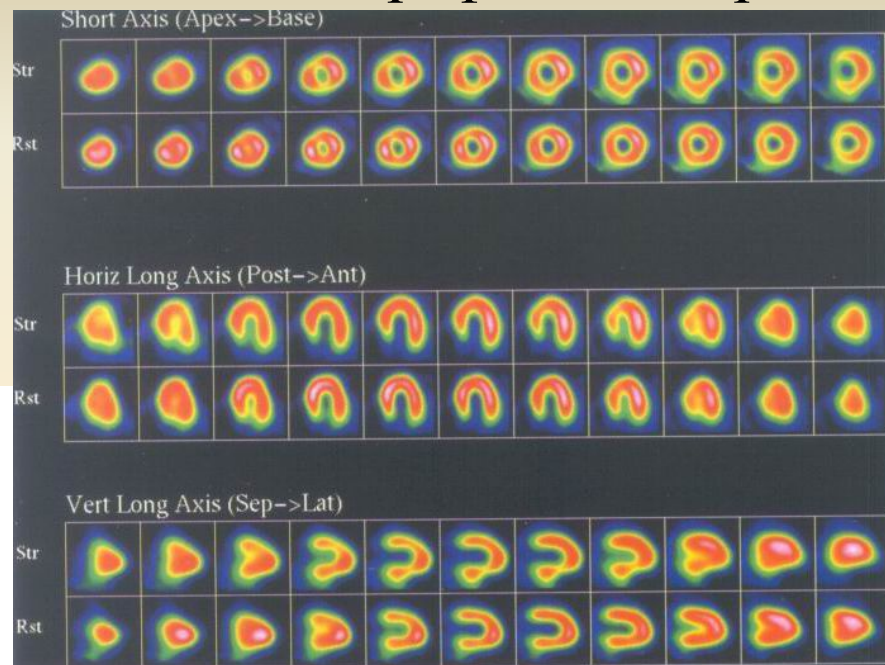
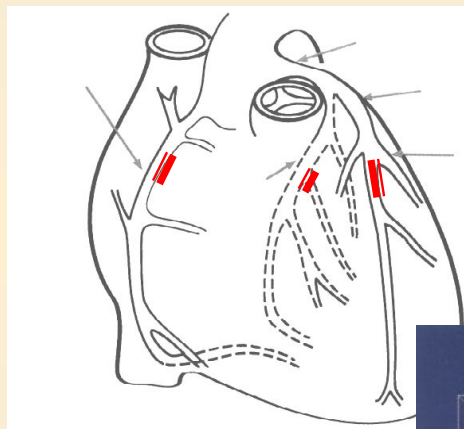
**ВЭМ:** 100 Вт.

На пике нагрузки АД – 180/100

ЧСС 142 уд/мин.

Критерий прекращения пробы

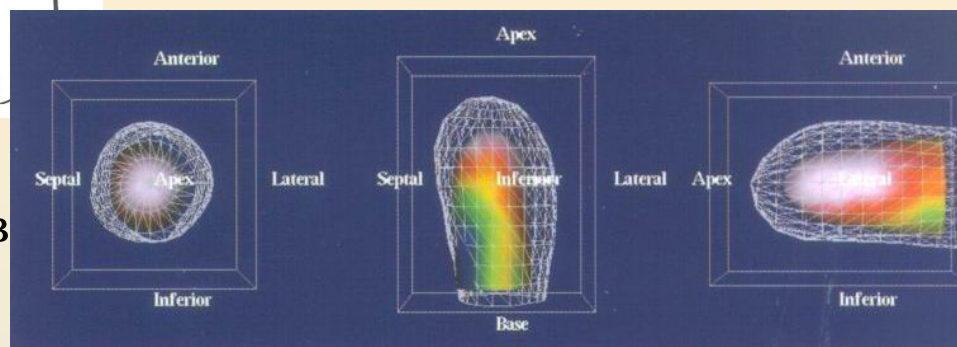
ангинозные боли



**Ангиография:**

стенозы ПНА, ОА и  
ПКА.

**Gated-Spect :** Незначительно выраженная переходящая гипоперфузия в обл. перегородки и задней стенке миокарда ЛЖ. Постнагрузочная дилатация ЛЖ. Гипокинез перегородочной стенки. ФВ 60%.





# ЭКГ-синхронизированная перфузионная ОЭКТ миокарда

Больная 60 лет.

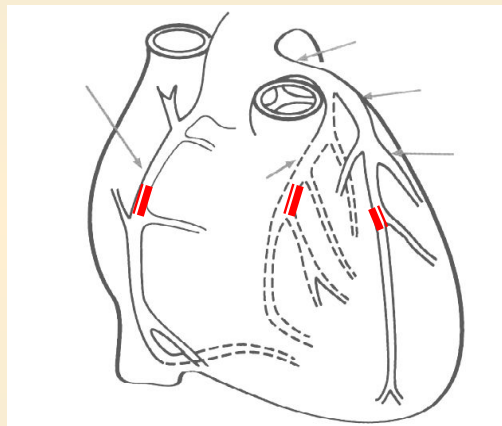
**Жалоб** нет.

**ВЭМ:** 75 Вт.

На пике нагрузки АД – 147/92

ЧСС 120 уд/мин.

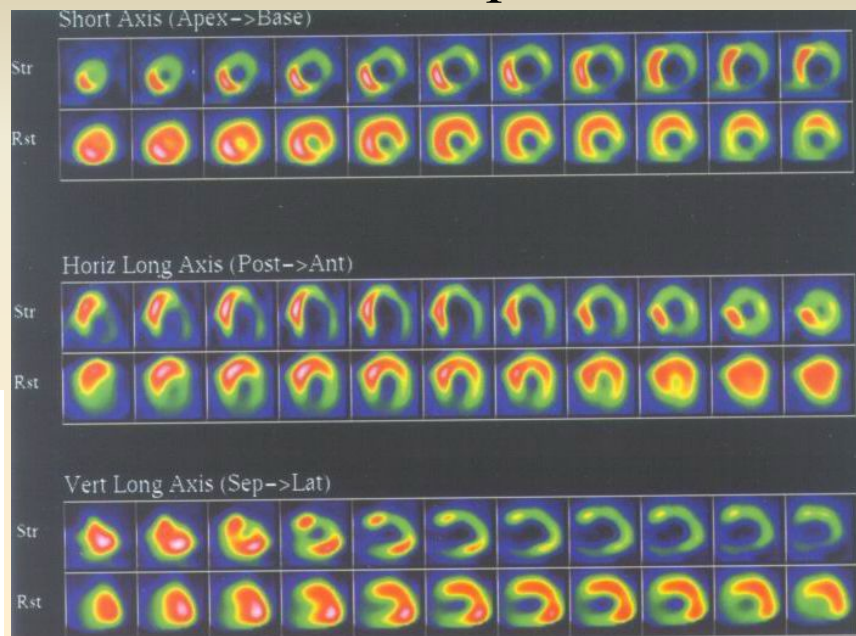
Критерий прекращения пробы  
усталость



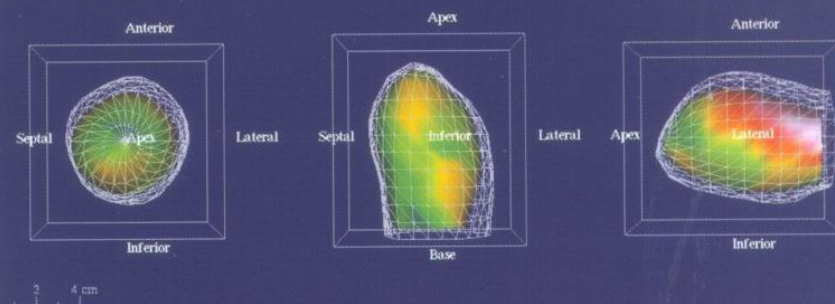
## Ангиография:

стенозы ПНА, ОА и  
ПКА.

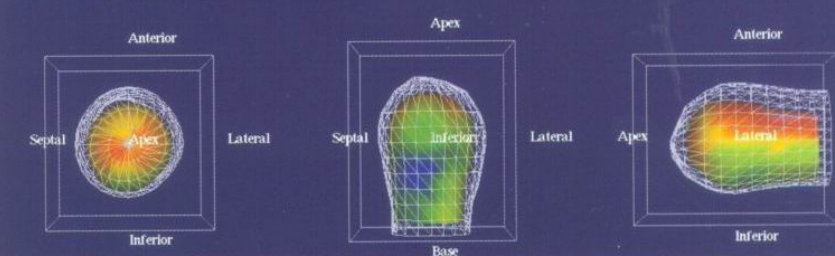
**Заключение:** Стабильный дефект перфузии заднебазальной обл. ЛЖ, переходящая гипоперфузия передней, верхушечной и боковой стенок. Гипокинез перегородочной и задней стенок. Снижение ФВ на нагрузке с 45% в покое до 39%.



## Stress MIBI-Gated

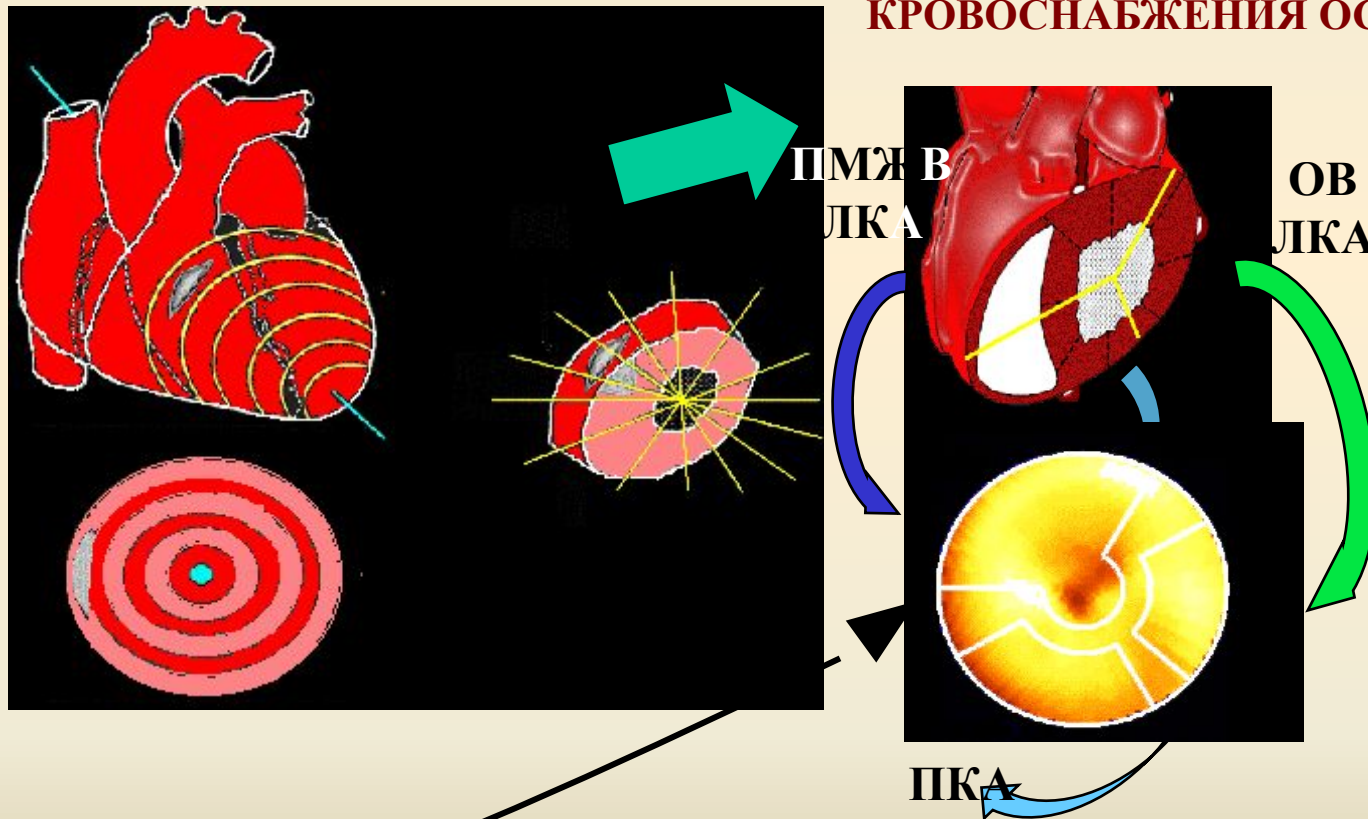


## Rest TI-201-Gated



# Полярное картирование «БЫЧИЙ ГЛАЗ» - плоскостное изображение суммарной информации всех срезов по длинной оси сердца

**ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН  
КРОВОСНАБЖЕНИЯ ОСНОВНЫХ К.А.**

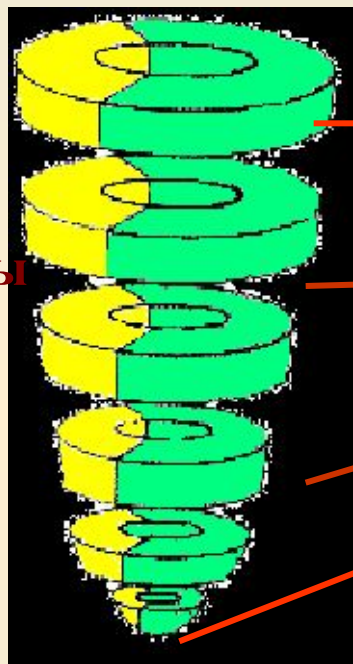




# Обработка изображений –

# полярные диаграммы

базальные отделы

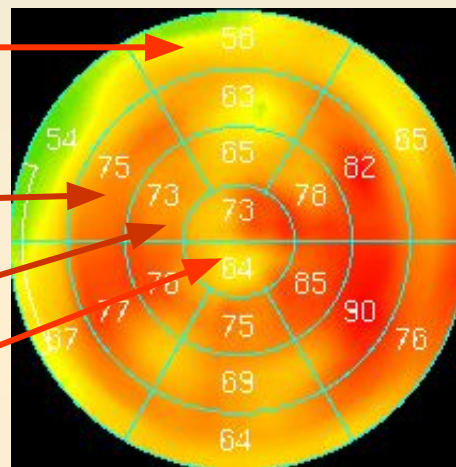


средние отделы

дистальные

верхушка

передняя

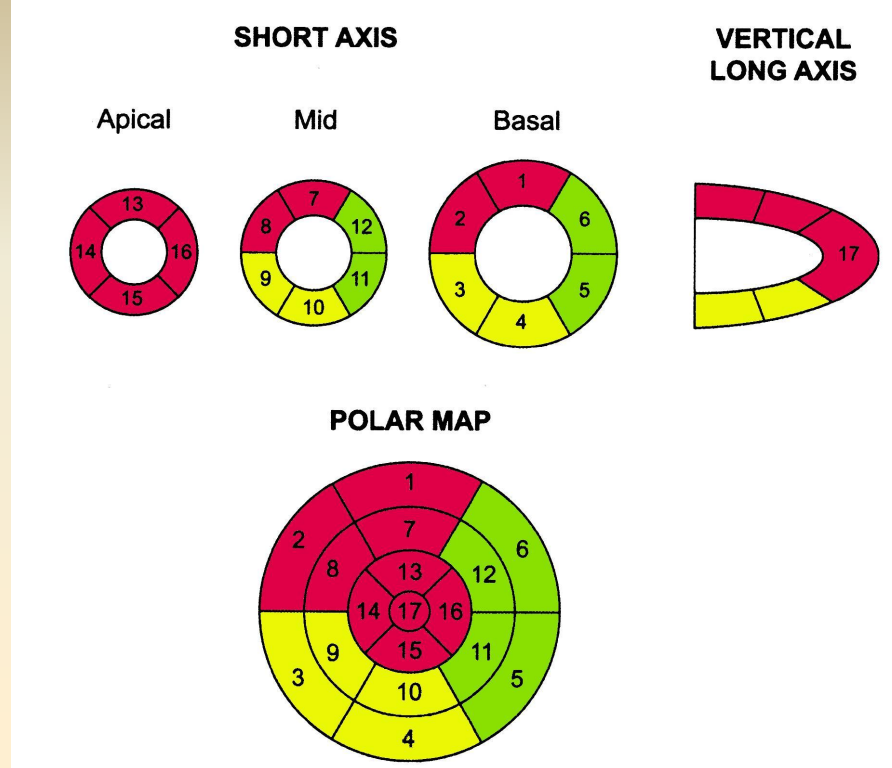


перегородка

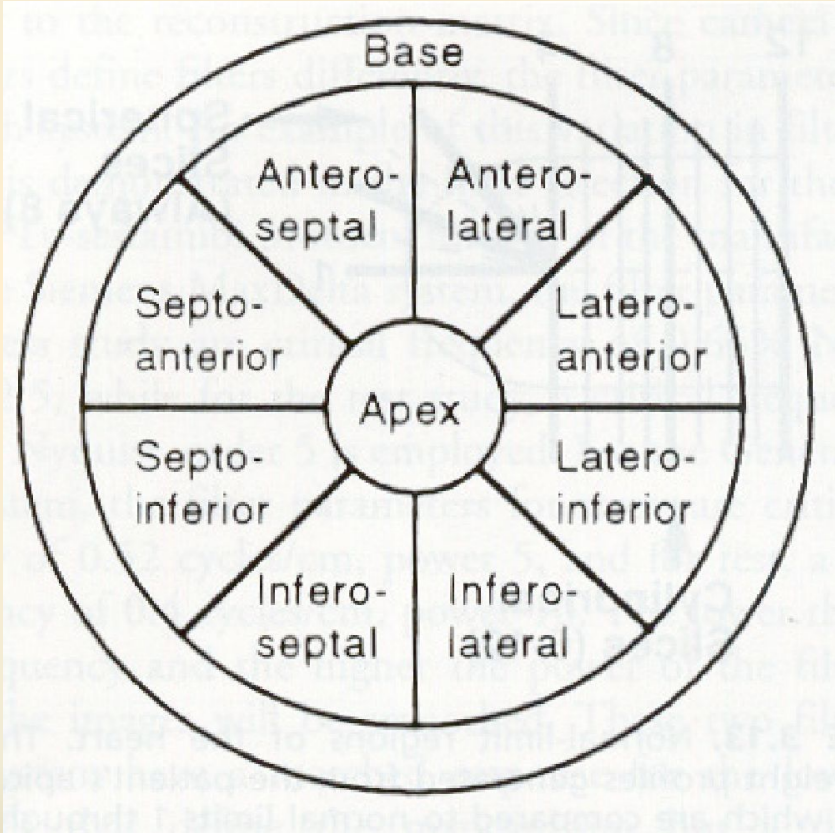
боковая

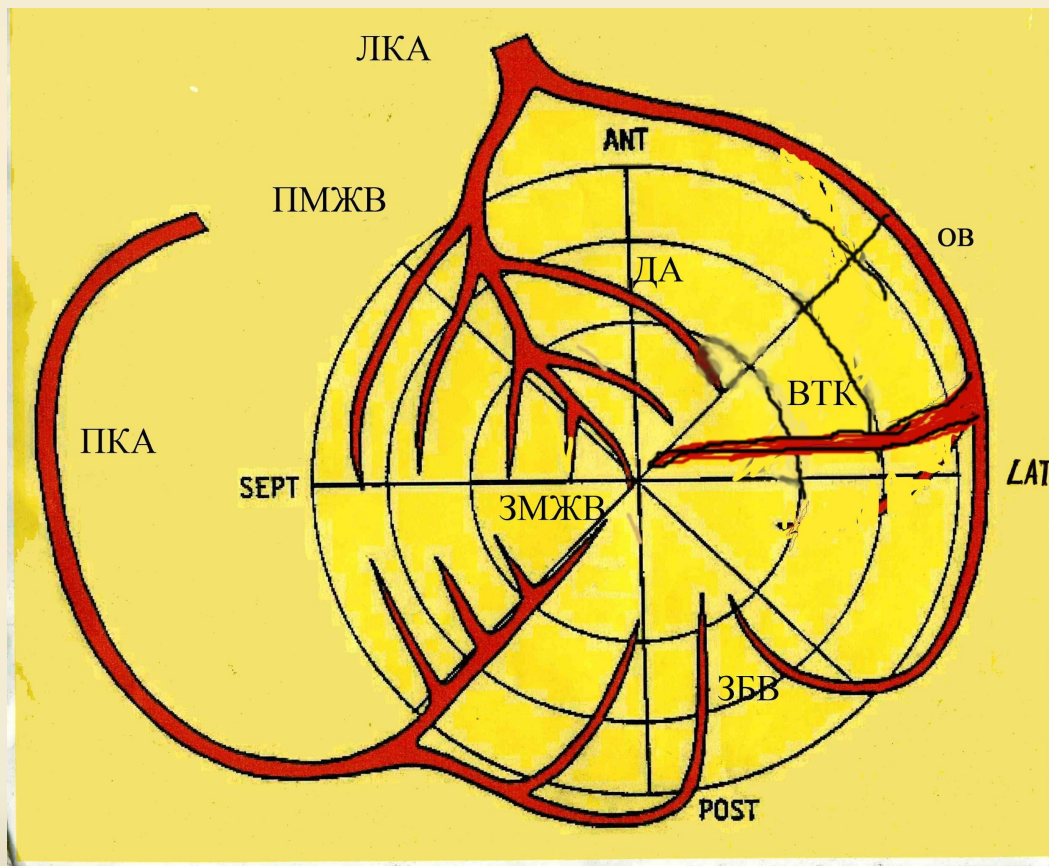
задняя





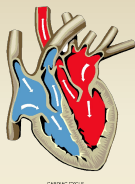
- Полярная карта левого желудочка
- Верхушечные Средние Базальные сегменты сегменты сегменты  
сегменты Срез по длинной оси левого желудочка
- Срезы по короткой оси левого желудочка
- Схема 17-сегментарной модели левого желудочка. 1, 7 и 13 сегменты соответствуют передней стенке левого желудочка. 2 и 8 сегменты соответствуют передней части межжелудочковой перегородки. 3, 9 и 14 сегменты соответствуют задней части межжелудочковой перегородки. 4, 10 и 15 сегменты соответствуют нижней стенке левого желудочка. 5 и 11 сегменты соответствуют задней стенке левого желудочка. 6, 12 и 16 сегменты соответствуют боковой стенке левого желудочка. 17 сегмент – область верхушки левого желудочка.



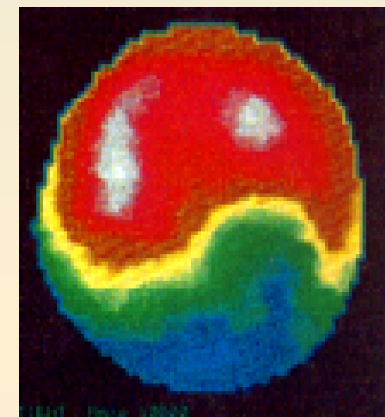
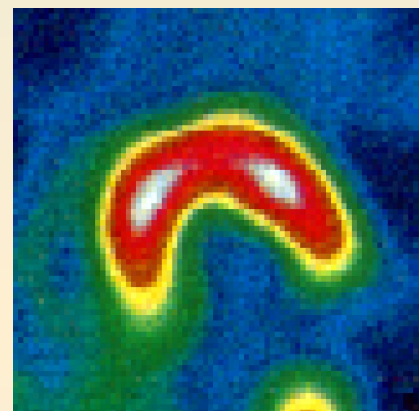
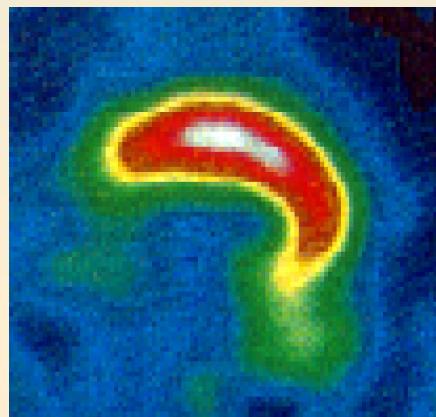
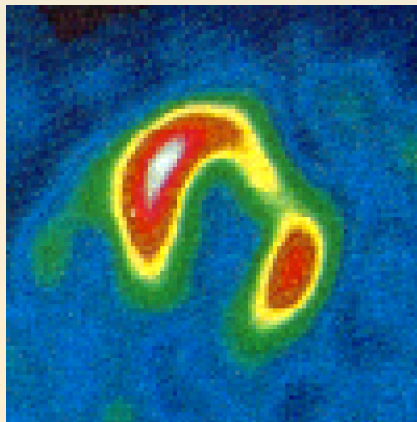




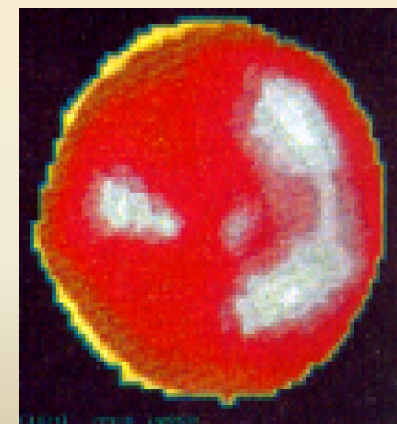
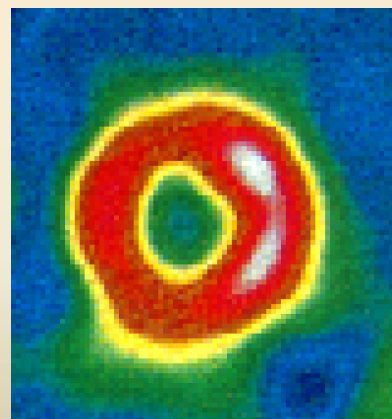
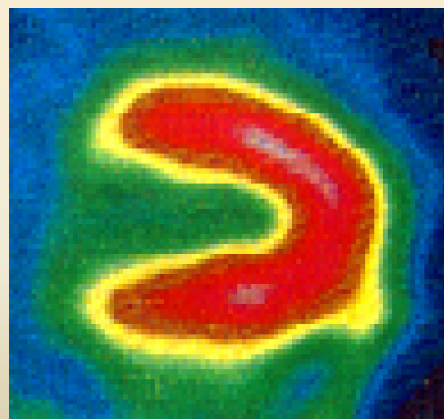
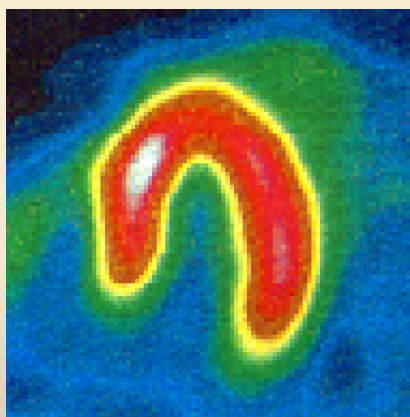
# Полярное картирование у больного ИБС

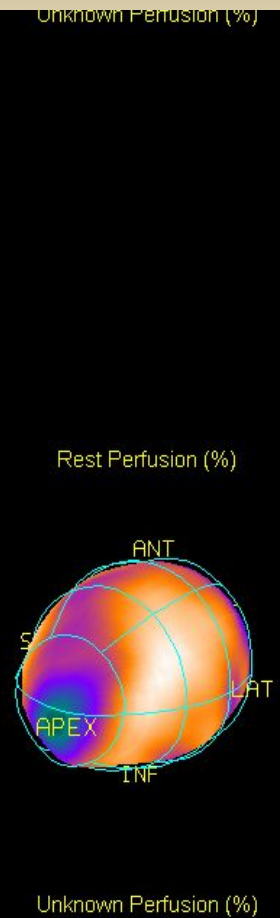
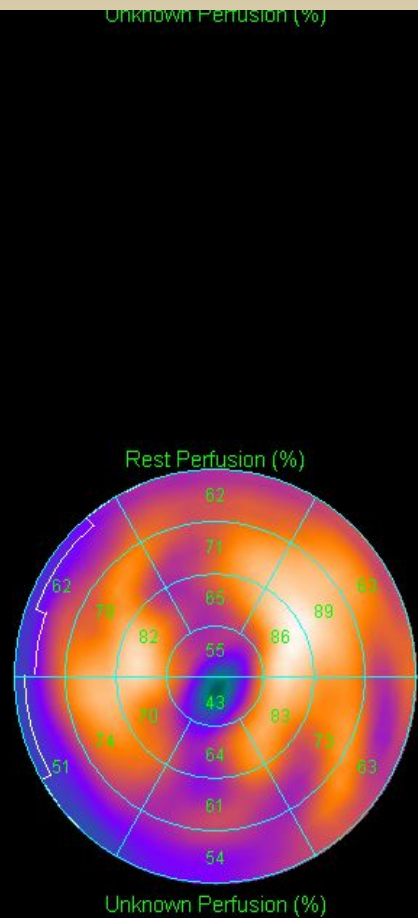
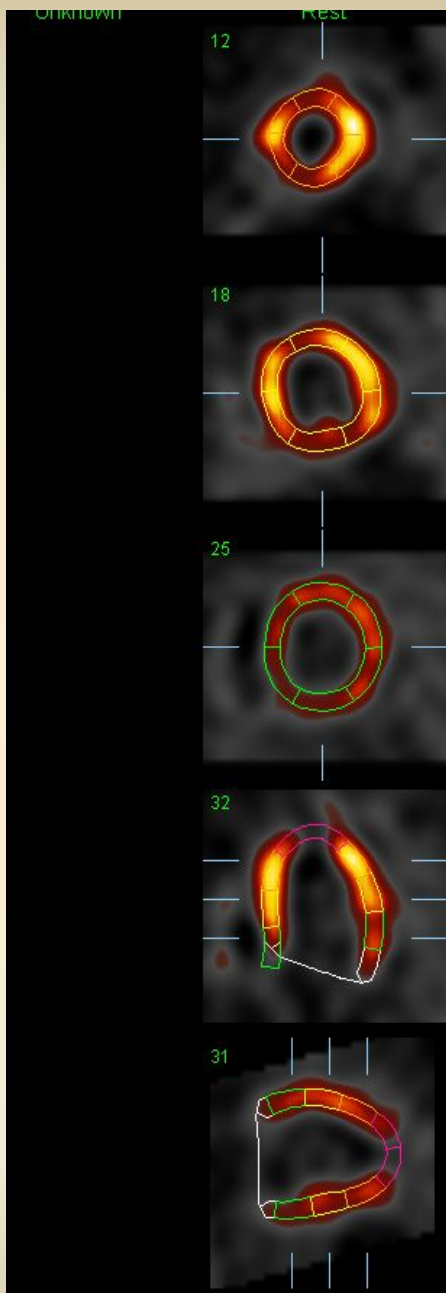


Нагрузка



Покой

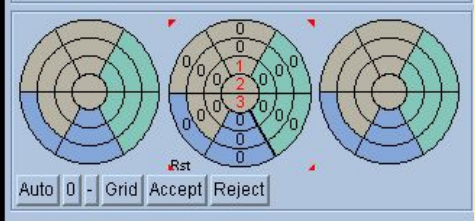


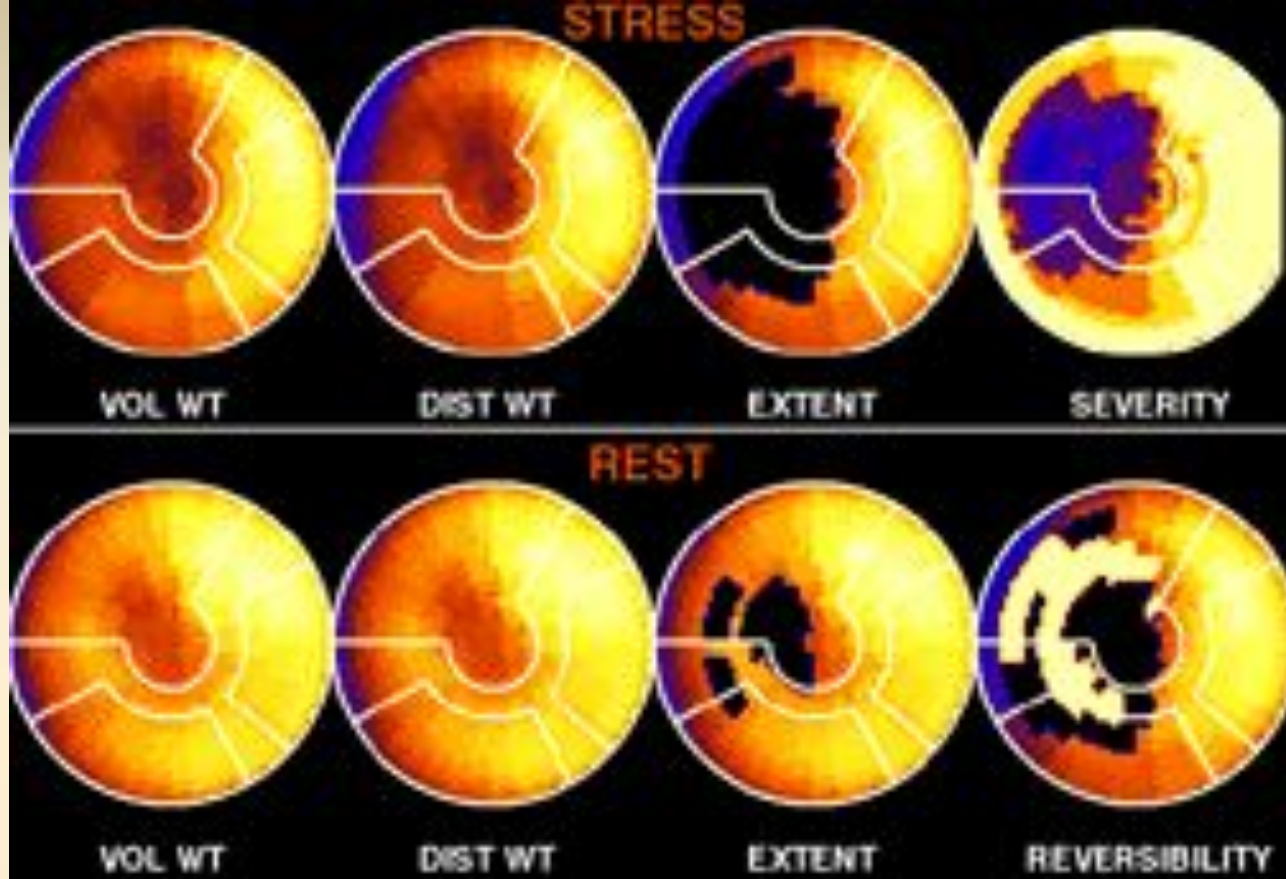


Name	Nikolaev^NS36		
Pat ID	008CJF0D1E		
Sex	UNKNOWN		
Limits	A:MibiMibiMale		
TID	--		
LHR	--		
S-S	--	SRS 6	SDS --
S-%	--	SR% 8	SD% --

Proc ID	--
View ID	--
Volume	--
EDV	--
ESV	--
EF	--

Proc ID	Resynchro
View ID	SHORT AXIS-RST16
Date	2008-12-19 14:53:06
Volume	247ml
Wall	252ml
Defect	16ml
Extent	6%
Eccentricity	0.80





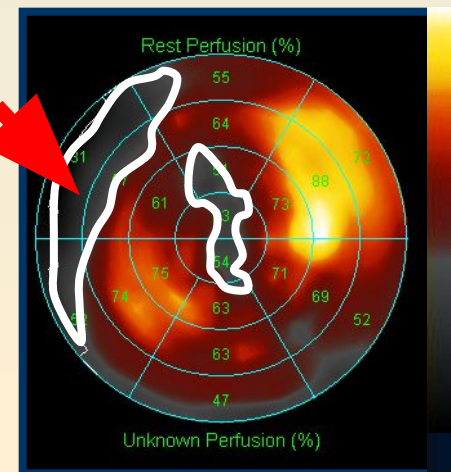
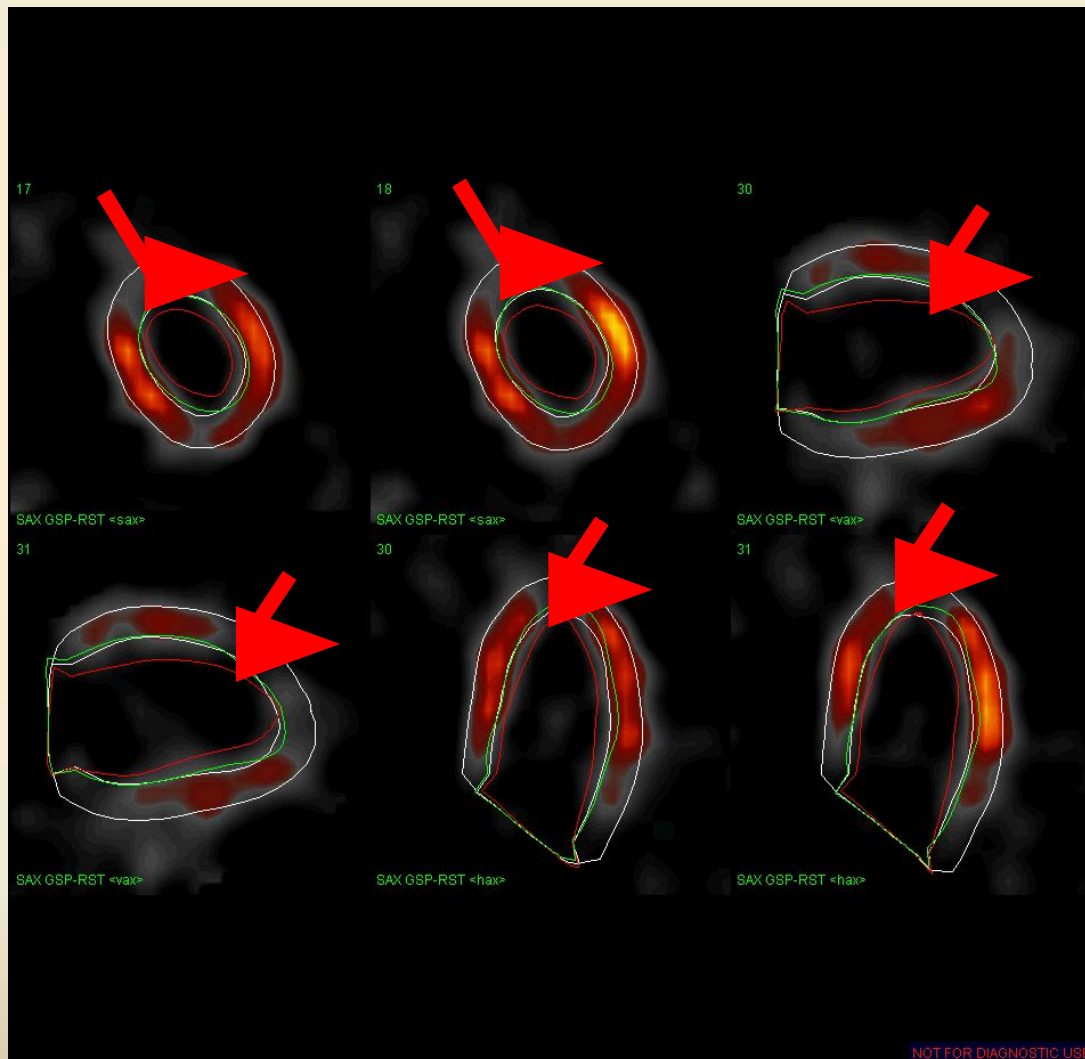
Умеренное снижение захвата РФП в покое, степень которой усугубляется на фоне нагрузочной пробы - [частично-обратимый дефект перфузии](#).

При исследовании с thallium-201(199), этот феномен известен как «частичное перераспределение». Как правило, характерно для тяжелого поражения к.а. Часто оно представляет субэндокардиальный ИМ

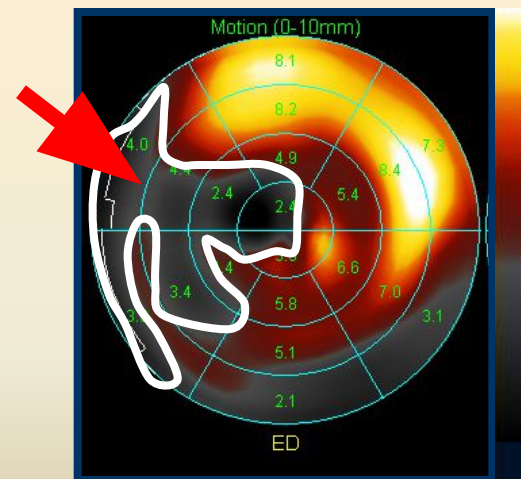


# ЭКГ - синхронизированная гамма-сцинтиграфия миокарда

(AutoQuant 2.0)

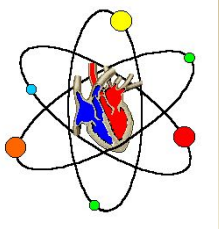


Перфузия

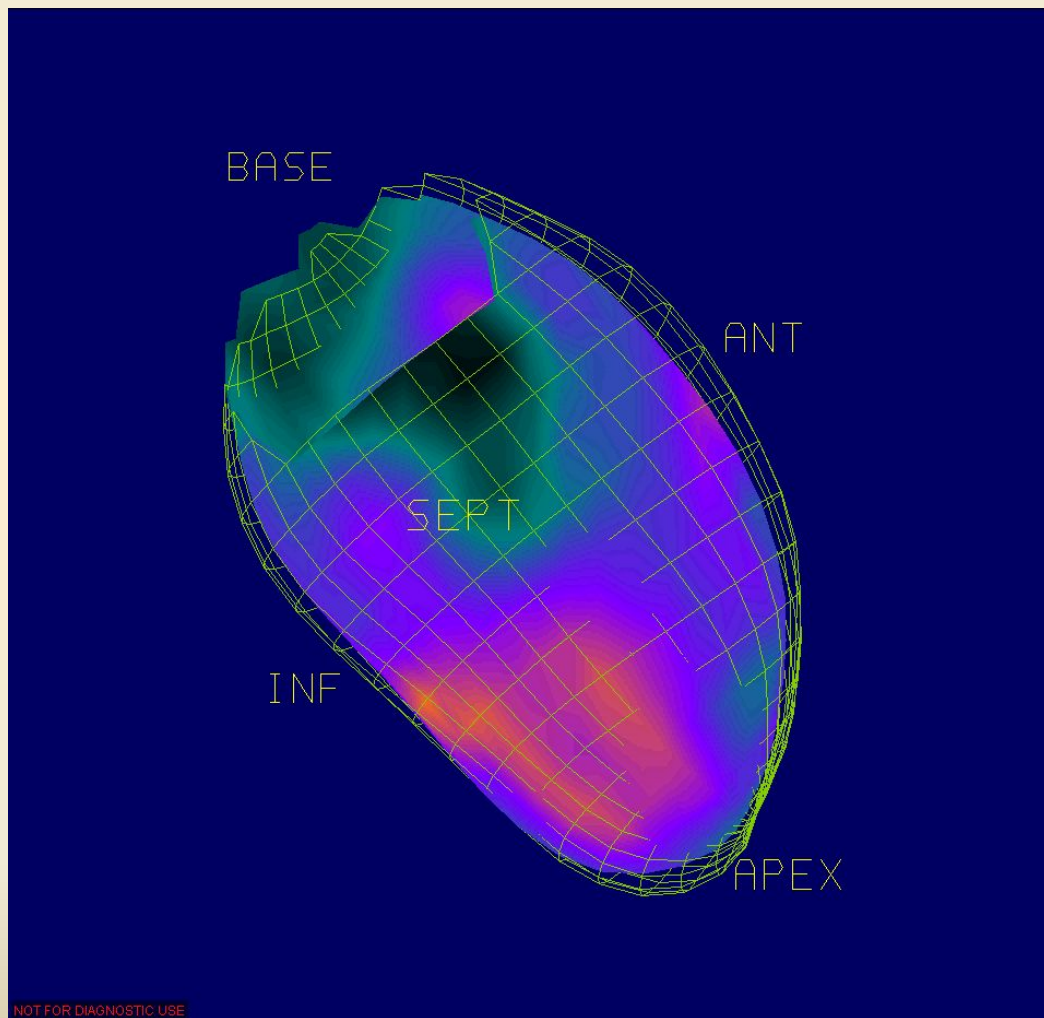


Сократимость

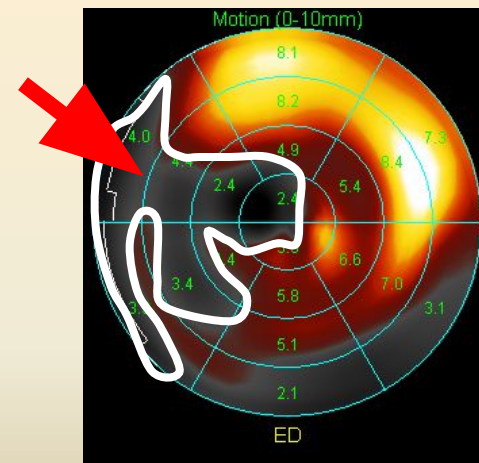




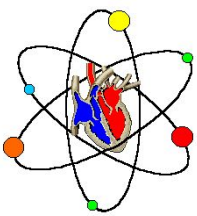
# ЭКГ - синхронизированная однофотонная эмиссионная компьютерная томография миокарда



**Перфузия**



**Сократимость**

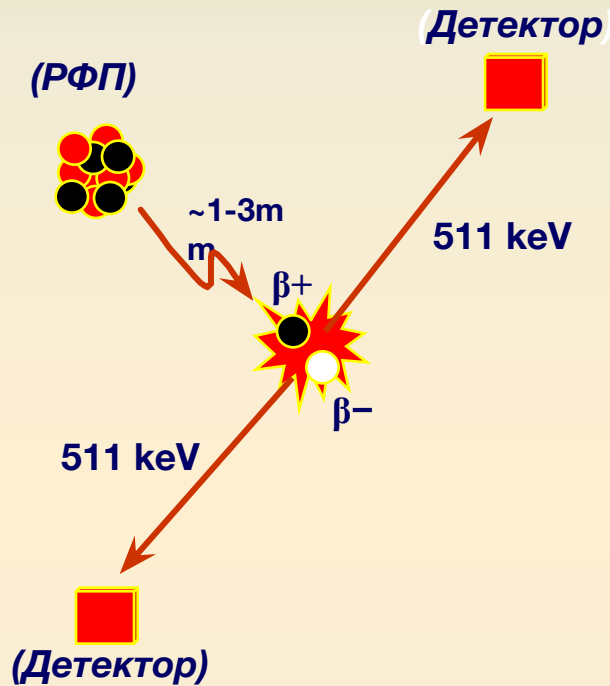


## **Предикторы кардиальных событий у больных ИБС по данным перфузионной сцинтиграфии**

- Низкая фракция выброса;**
- Повышенный захват РФП легкими;**
- Наличие преходящих дефектов перфузии;**
- Обширный дефект перфузии;**
- Низкая аккумуляция РФП в дефекте перфузии;**
- Множественные дефекты перфузии;**
- Дилатация полости левого желудочка в покое;**
- Дилатация полости левого желудочка на  
нагрузочной пробе.**

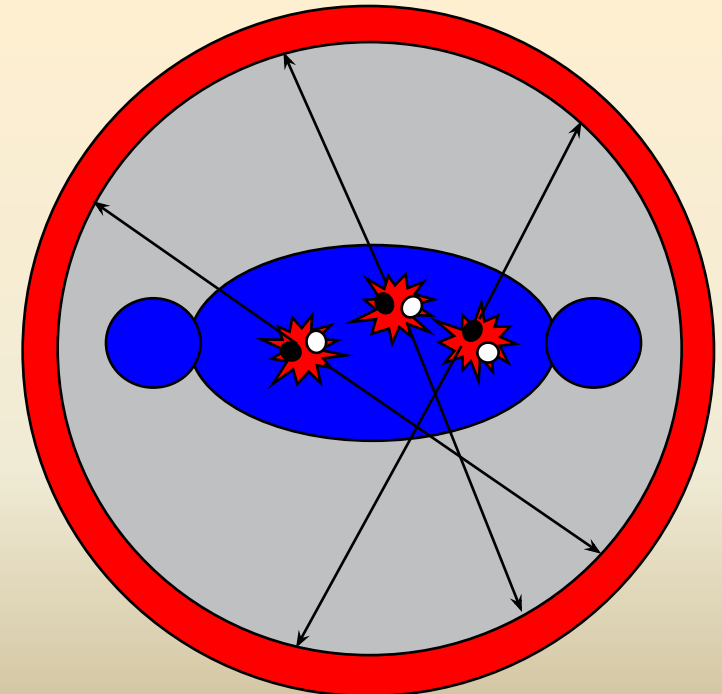
**Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) –  
это один из методов  
молекулярной радионуклидной визуализации,  
позволяющий *in vivo* дать  
качественную и количественную оценку  
биохимических процессов,  
происходящих в организме.**

# Физические основы и принцип получения изображения



При распаде ядер радионуклидов происходит спонтанное излучение позитрона, который аннигилирует при соударении с электроном с образованием двух энергетически равных (511 кеV) и противоположно направленных гамма-квантов

Система противоположно установленных детекторов, собранных в кольца, позволяет регистрировать координаты источника излучения (детекция совпадений) и получать томографическое изображение



# Радиофармпрепараты, используемые при ПЭТ

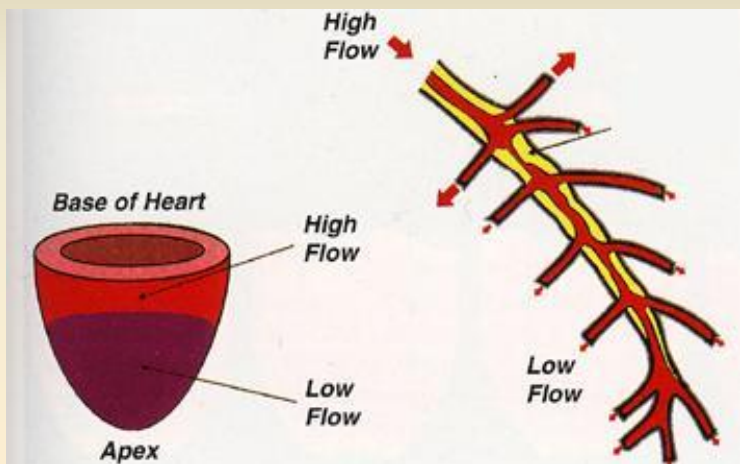
<b>18 F-ФДГ</b>	энергетический метаболизм опухолей, миокарда, очагов воспаления
<b>18 F-фторид</b>	метаболизм костной ткани (визуализация скелета)
<b>18 F-DOPA</b>	метаболизм дофамина (нейроэндокринные опухоли, медулярный рак ЩЖ, карциноид, паркинсонизм)
<b>18 F-холин</b>	обмен холина, визуализация опухолей (простата, пищевод, головной мозг)
<b>18 F-тимидин</b>	региональная клеточная пролиферация <i>in vivo</i>
<b>18 F-тирозин</b>	транспорт аминокислот в опухолевой клетке, диф. диагностика опухоль/воспаление (планирование объема лучевой терапии и операций)
<b>18 F-MISO</b>	маркер гипоксии (планирование объема лучевой терапии и ХТ)
<b>11C-ацетат</b>	оксидативный метаболизм (миокард)
<b>11C-метионин</b>	метаболизм аминокислот (жизнеспособность опухоли)
<b>11C-тирозин</b>	метаболизм белков
<b>13N-аммиак</b>	перфузия (миокард)
<b>15O-вода</b>	перфузия (головной мозг)



# **ПЭТ в кардиологии – основные направления применения**

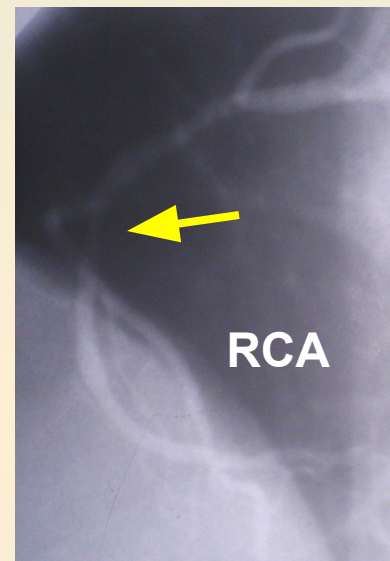
- **Оценка коронарной перфузии**
- **Исследование метаболизма миокарда**
- **Изучение иннервации сердца**
- **Визуализация адренорецепторного аппарата**

# ПЭТ ДИАГНОСТИКА ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ С СЕГМЕНТАРНЫМ АТЕРОСКЛЕРОЗОМ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ



K. Lance Gould, 1999

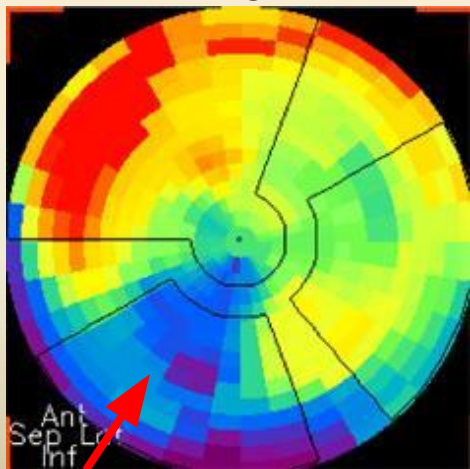
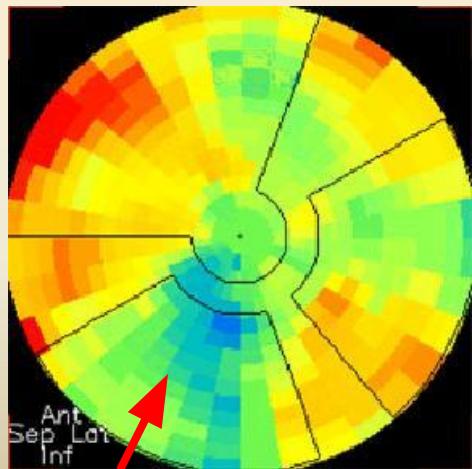
## СЕЛЕКТИВНАЯ КОРОНАРОГРАФИЯ



## ПЭТ С <sup>13</sup>N-АММОНИЕМ

ПОКОЙ

ФАРМАКОЛОГИЧЕСКАЯ  
ПРОБА



	МК в покое (ml/min/100g)	МК нагрузка (ml/min/100g)	КР (N>2,5)
LAD	81,7	209,8	2,6
CX	76,9	175,3	2,3
RCA	62,7	63,4*	1,01*

**Жизнеспособнос  
ть и**

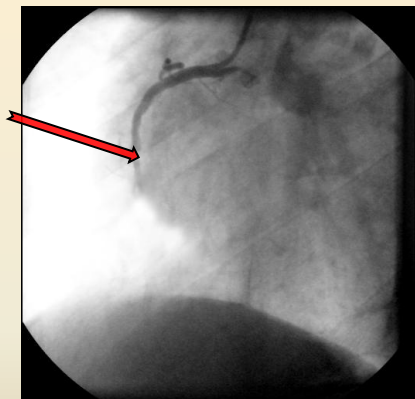
**метаболизм  
миокарда**



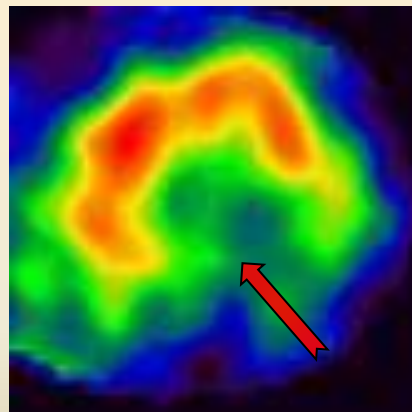
*профессор  
S.H. Rahimtoola*

*«Жизнеспособным называют миокард, который в результате длительного угнетения кровотока утрачивает свою контрактильную функцию. Метаболические процессы при этом остаются сохранными.»*

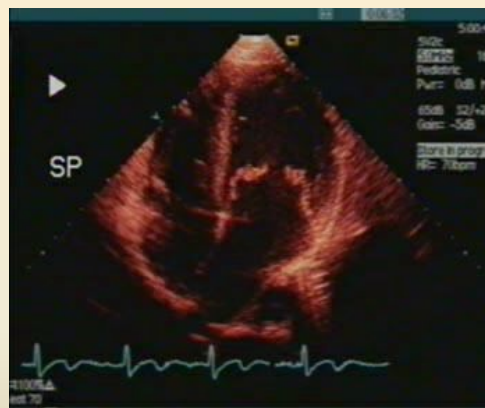
*Rahimtoola S.H., 1985 г.*



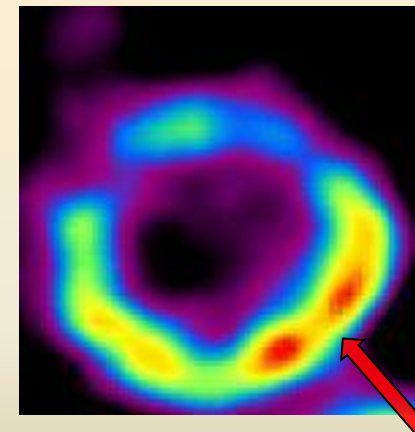
**Коронаро-ангиография**



**Перфузия**



**Сократимость**



**Метаболизм**

Между перфузией миокарда, его метаболизмом и сократимостью существуют непосредственные связи.

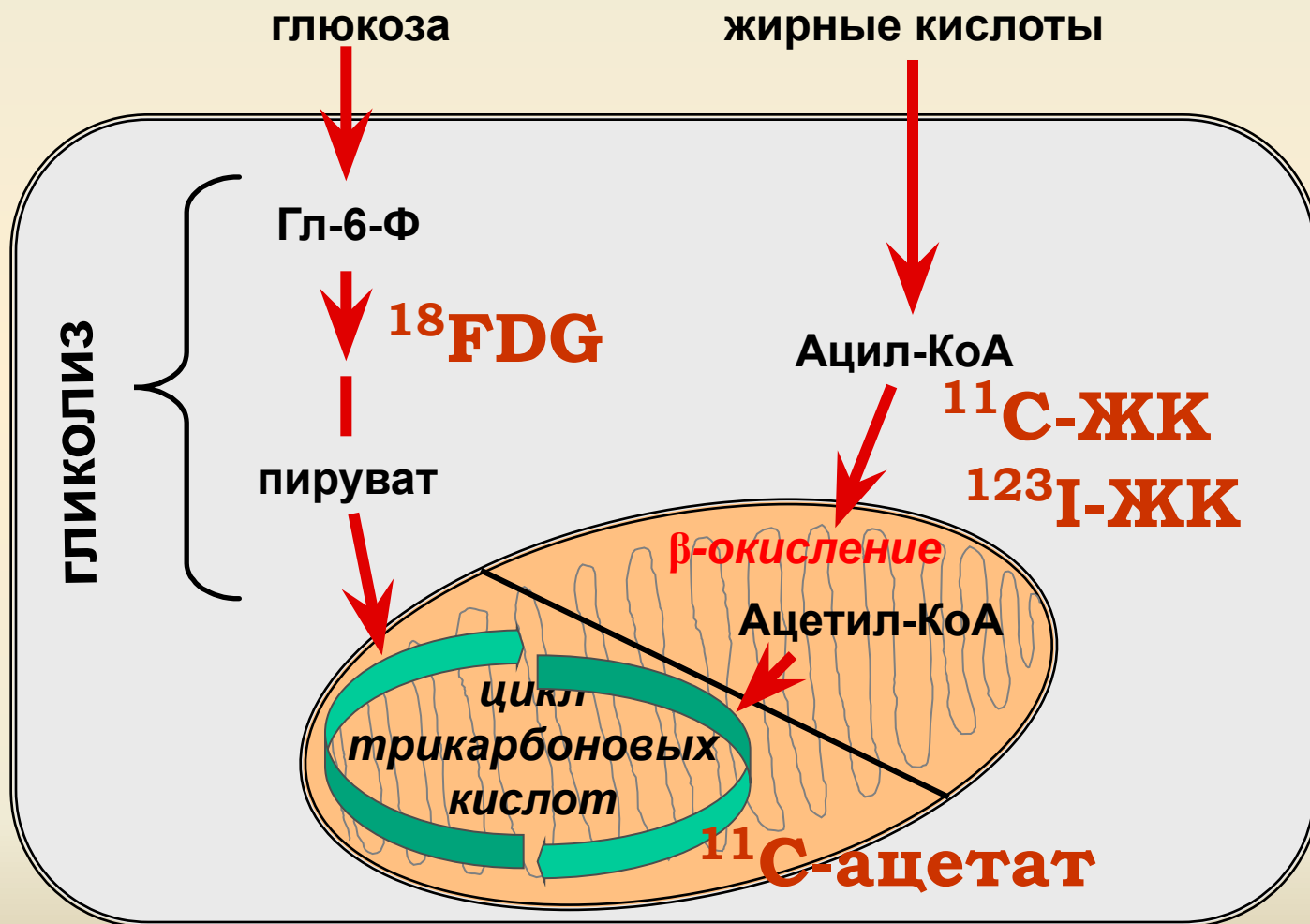
При ишемии миокарда эти связи нарушаются так, что трудно предсказать состояние тканевого метаболизма только по состоянию сократимости или анатомии коронарного русла.



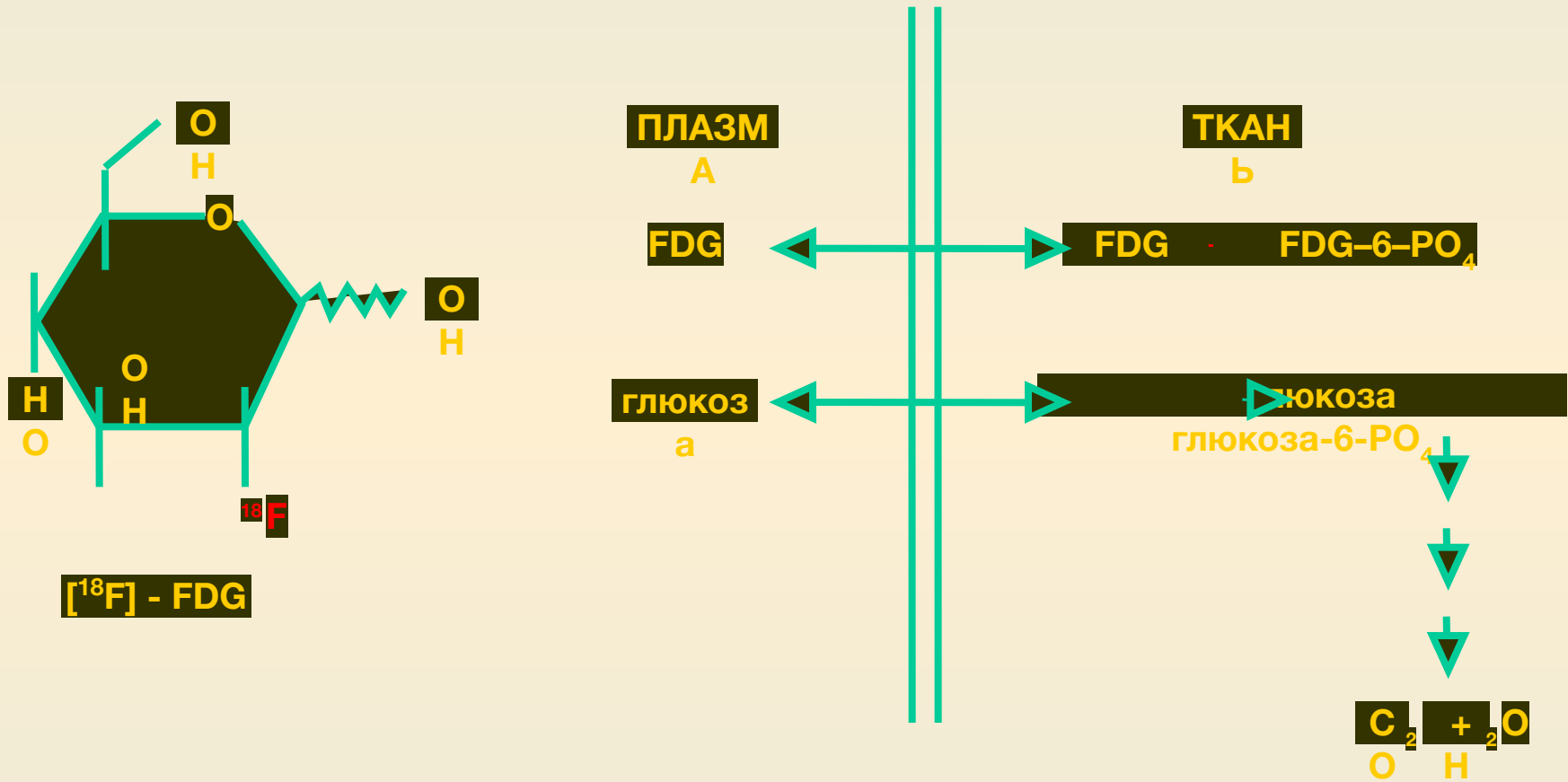
# **Клинические синдромы, при которых рекомендуется определение жизнеспособного миокарда**

- ✓ **Нестабильная стенокардия**
- ✓ **Стабильная стенокардия**
- ✓ **Острый инфаркт миокарда**
- ✓ **Перенесенный инфаркт миокарда**
- ✓ **Ишемическая кардиомиопатия**
- ✓ **Дисфункция левого желудочка и сердечная недостаточность**

*Основные звенья метаболизма в кардиомиоцитах,  
доступные для исследования методами ядерной медицины*



# 2- [<sup>18</sup>F] ФТОР-2-ДЕЗОКСИ-D-ГЛЮКОЗА (18F- ФДГ) - «МОЛЕКУЛА ВЕКА»



Интенсивность накопления 18F-ФДГ в клетке пропорциональна интенсивности гликолиза, что отражает интенсивность энергетического метаболизма клетки.

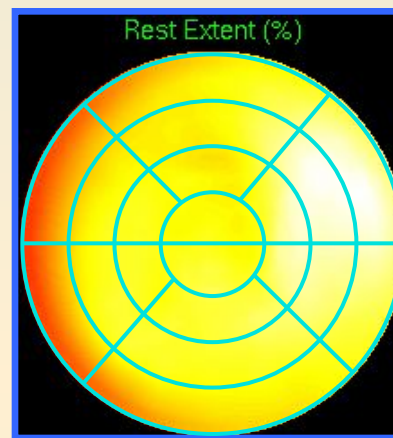


# Перфузия и метаболизм миокарда в норме

*Перфузия при нагрузке*

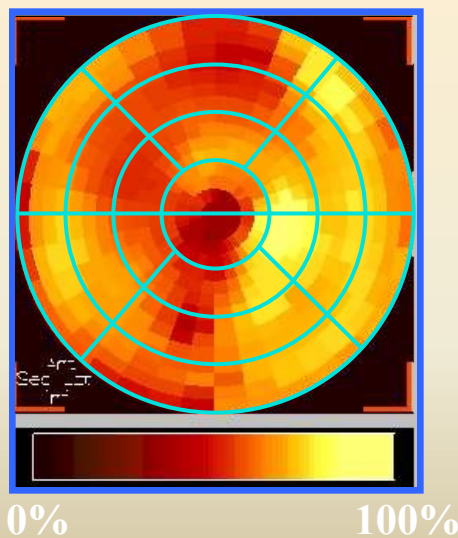


*Перфузия в покое*



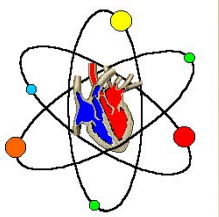
*Перфузия*

*Метаболизм*



- Нормальная перфузия
- Нормальный метаболизм



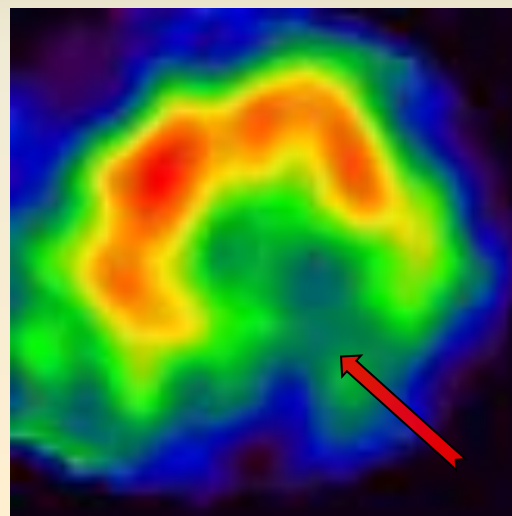


# Применение ПЭТ в кардиологии

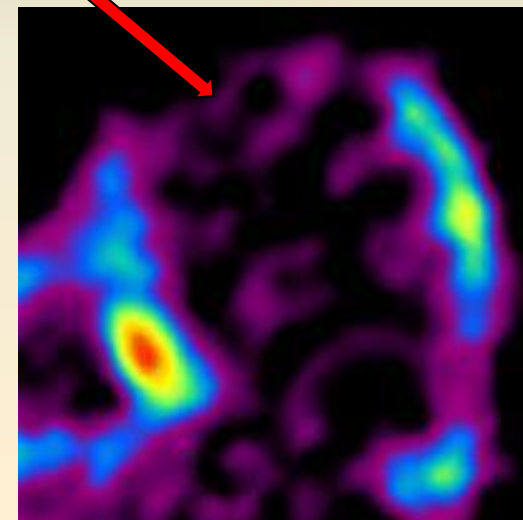
(ЦНИРРИ, г.Санкт-Петербург)

Оценка жизнеспособности миокарда с помощью позитронной эмиссионной компьютерной томографии в 35% случаев позволяет определить наиболее адекватную тактику лечения больных, перенесших инфаркт миокарда.

Перфузия

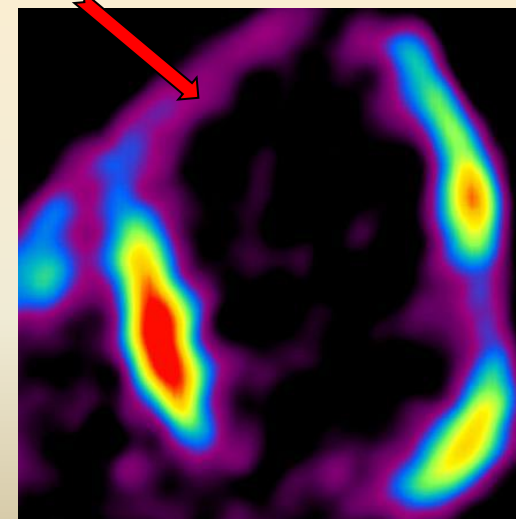
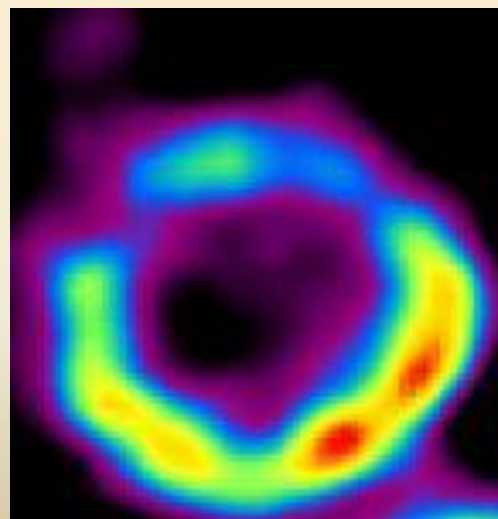


Жизнеспособный миокард



Нежизнеспособный миокард

Метаболизм

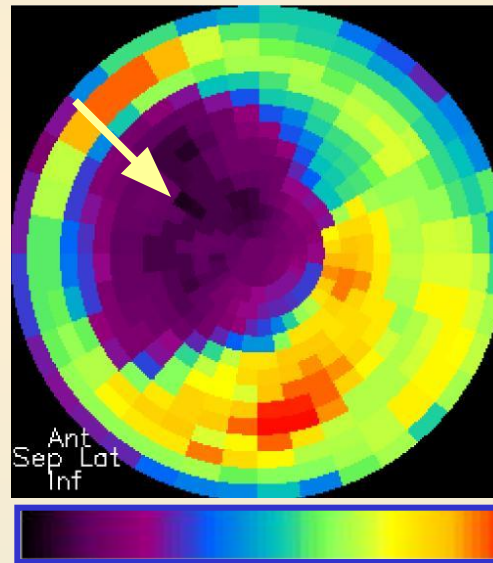


# НЕЖИЗНЕСПОСОБНЫЙ МИОКАРД

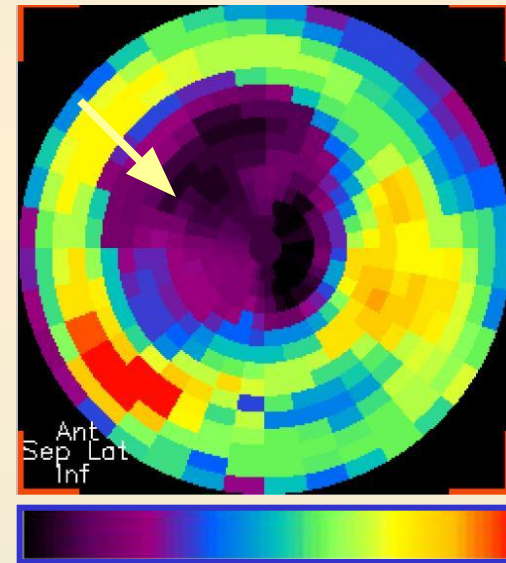
## ЭХОКАРДИОГРАФИЯ



перфузия



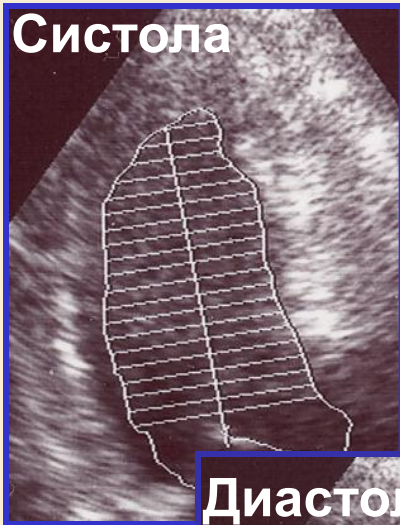
метаболизм  
глюкозы



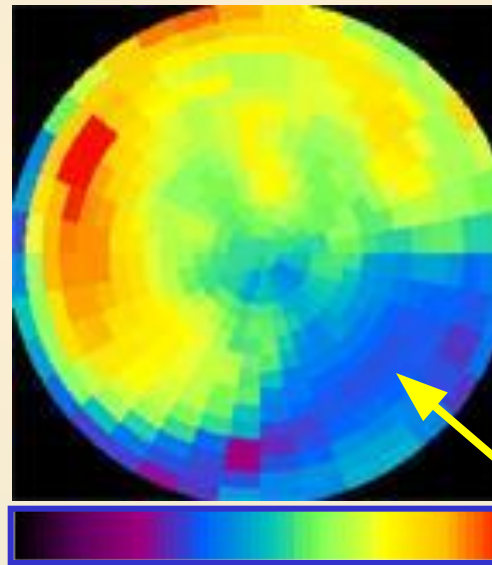
Согласованный дефект

# ЖИЗНЕСПОСОБНЫЙ МИОКАРД

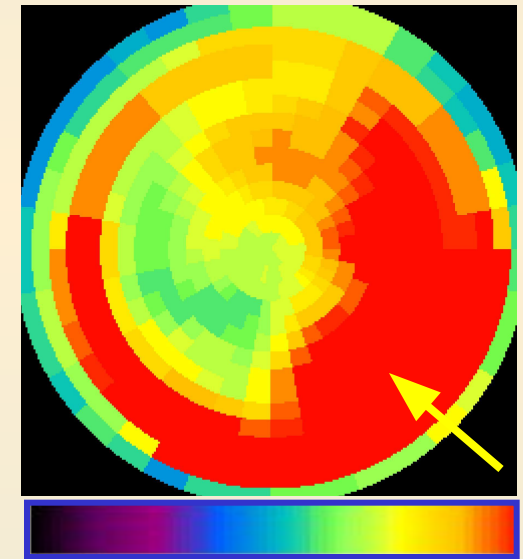
## ЭХОКАРДИОГРАФИЯ



перфузия



метаболизм  
глюкозы

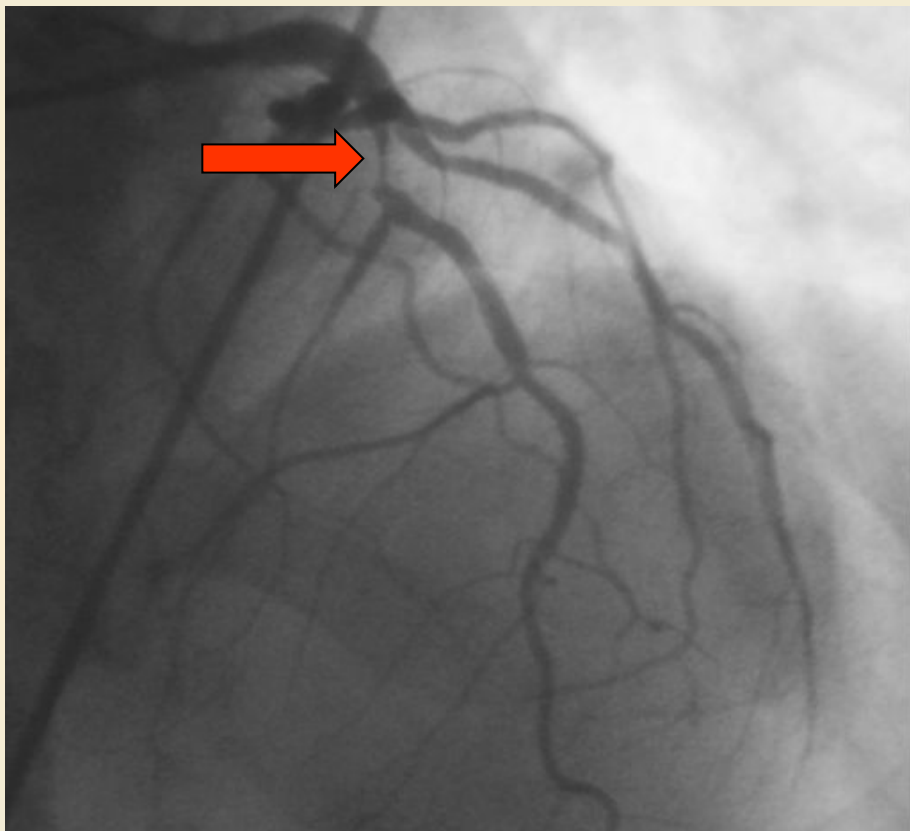


Несогласованный дефект



# Диагностика жизнеспособности миокарда при планировании объема и тактики хирургического лечения

Данные коронарографии

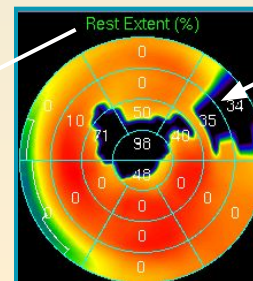


Оценка жизнеспособности миокарда

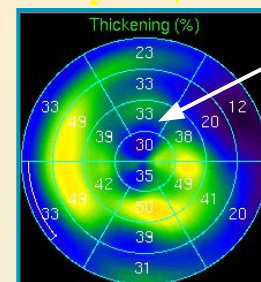
*Перфузия при нагрузке*



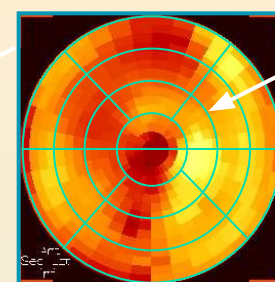
*Перфузия в покое*



*Функция*



*Метаболизм*

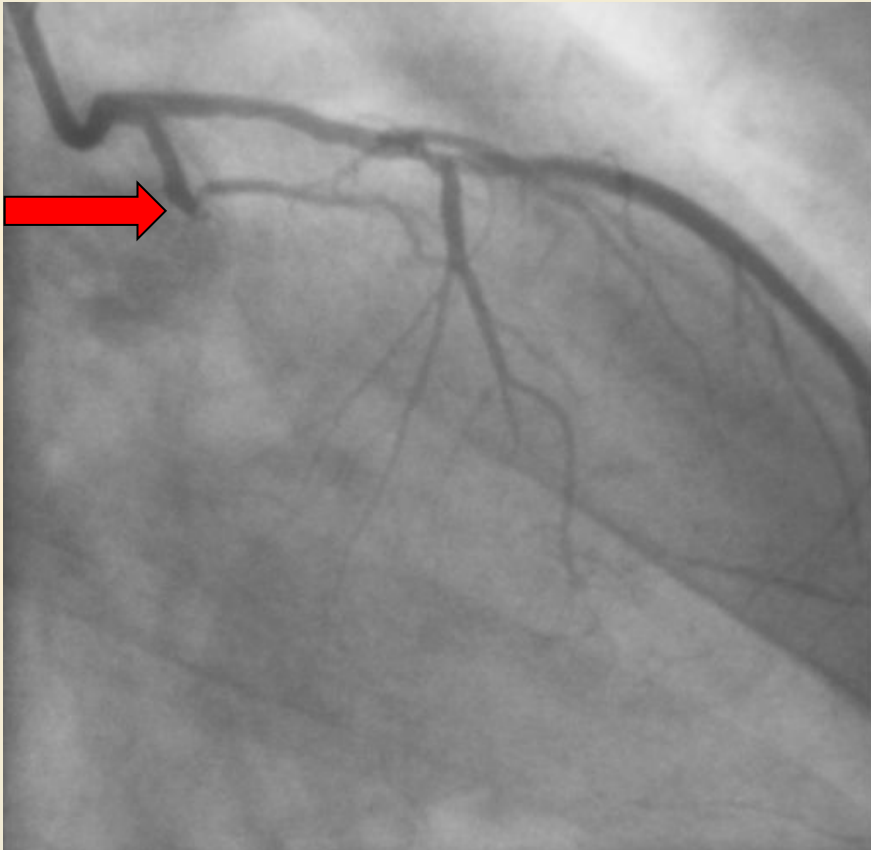


**Жизнеспособный миокард**

**Изолированное АКШ или ТЛБАП со стентированием**

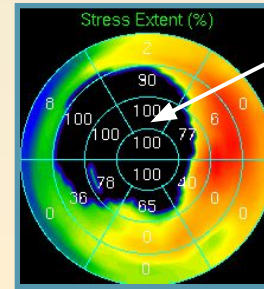
# Диагностика жизнеспособности миокарда при планировании объема и тактики хирургического лечения

## Данные коронарографии

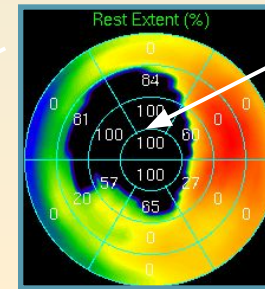


## Оценка жизнеспособности миокарда

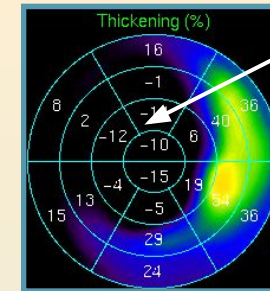
*Перфузия при нагрузке*



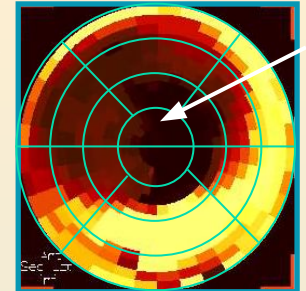
*Перфузия в покое*



*Функция*



*Метаболизм*



**Нежизнеспособный миокард**

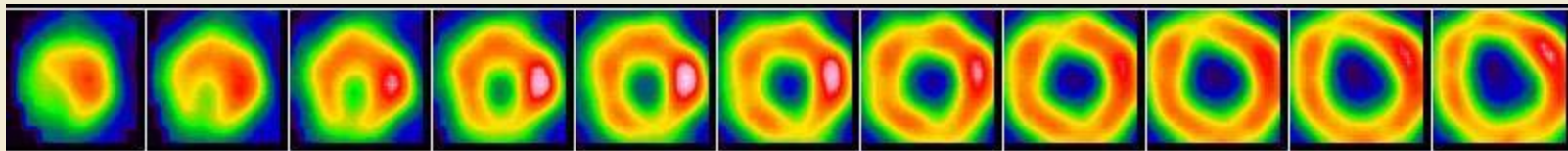
**АКШ + резекция аневризмы**



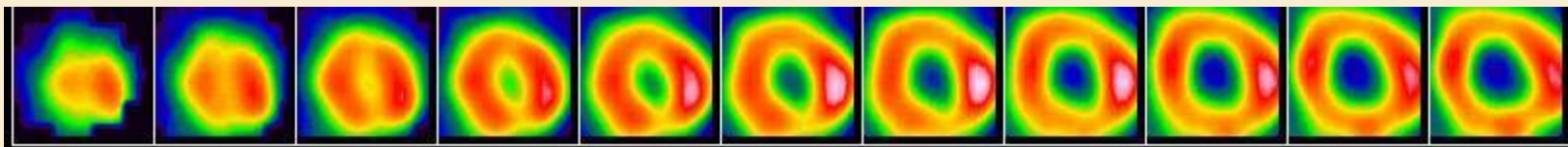


# ОЦЕНКА МЕТАБОЛИЗМА ЖИРНЫХ КИСЛОТ МЕТОДОМ ПЭТ С $^{11}\text{C}$ -БУТИРАТОМ НАТРИЯ У ПАЦИЕНТА БЕЗ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ ПАТОЛОГИИ

Перфузионная ОФЭКТ миокарда с  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Myoview в покое

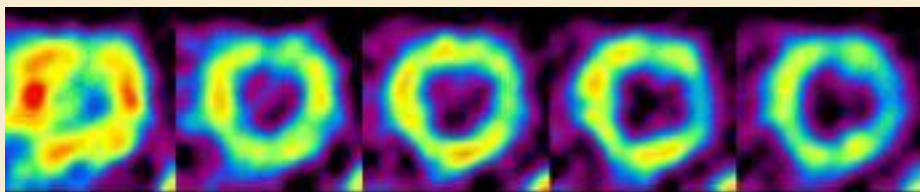


Перфузионная ОФЭКТ миокарда с  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Myoview на фоне пробы с физической нагрузкой



ПЭТ с  $^{11}\text{C}$ -бутиратом (метаболизм жирных кислот)

3 мин.      4 мин.      5 мин.      7 мин.      9 мин.



13 мин.      17 мин.      21 мин.      25 мин.      30 мин.

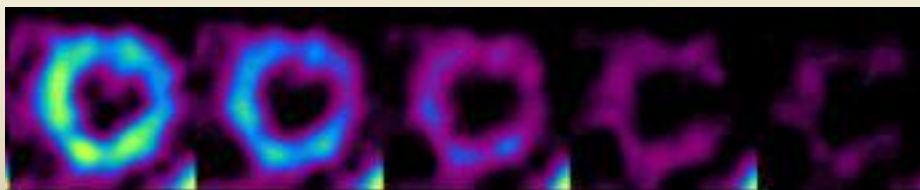
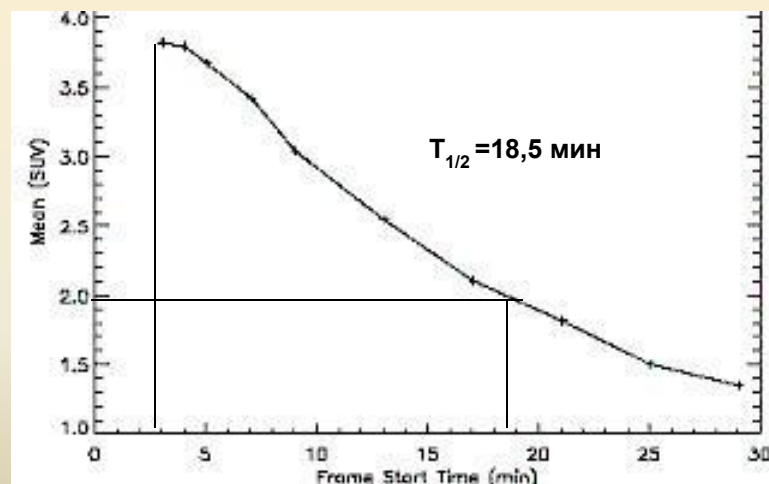
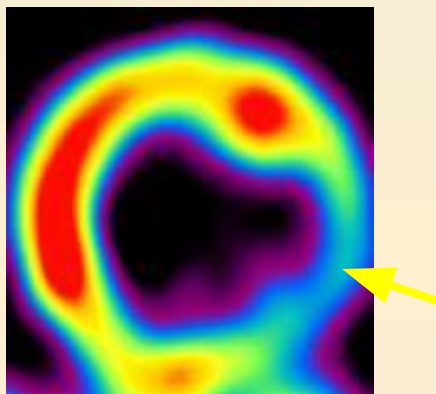


График активность/время, характеризующая скорость выведения  $^{11}\text{C}$ -бутирата натрия из миокарда

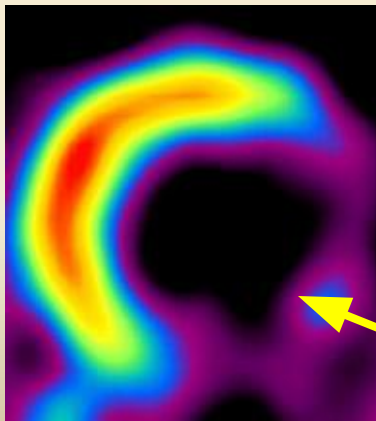


# РЕЗУЛЬТАТЫ ПЭТ МИОКАРДА С $^{11}\text{C}$ -БУТИРАТОМ НАТРИЯ У ПАЦИЕНТА С ИБС

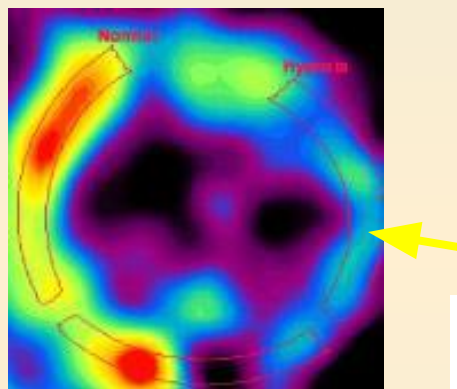
ПЭТ с  $^{13}\text{N}$ -аммонием  
(перфузия)  
Покой



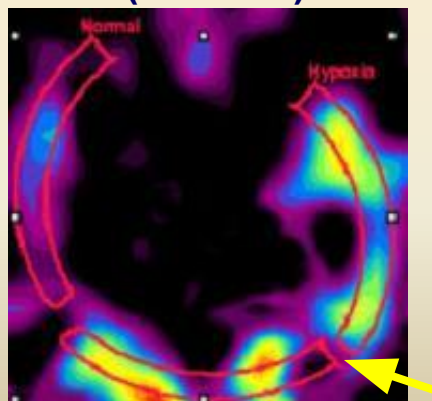
Фармакологический  
тест



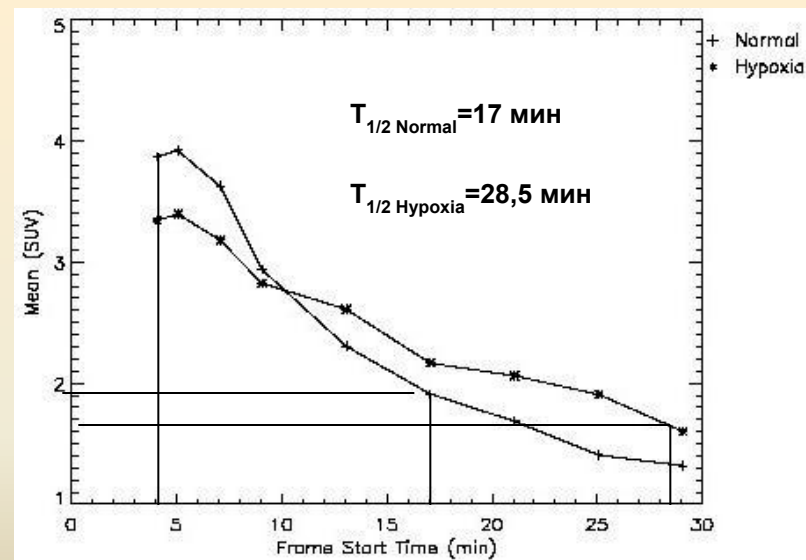
ПЭТ с  $^{11}\text{C}$ -бутиратом  
(метаболизм жирных кислот)  
Первый скан  
(4 мин.)

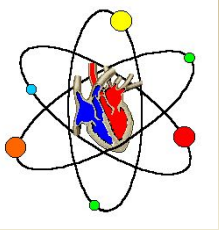


Второй скан  
(21 мин.)



Графики  
активность/время,  
характеризующие скорость  
выведения  $^{11}\text{C}$ -бутирата  
натрия из миокарда





Сейчас я оценю  
биоэнергетику  
Вашего сердца!

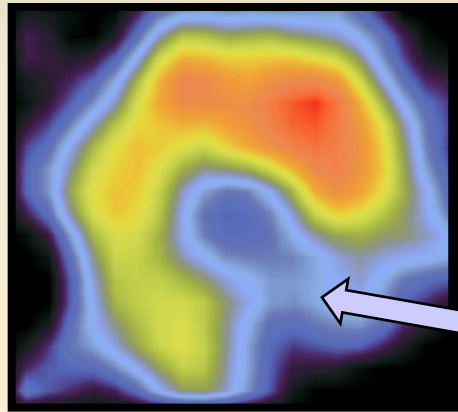
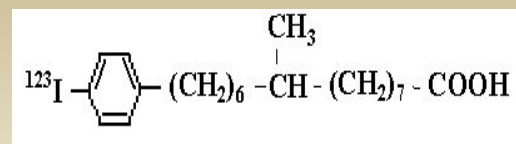


**Наиболее доступным методом оценки биоэнергетики миокарда остается на сегодня сцинтиграфия с  $^{123}\text{I}$ -жирными кислотами**, которая дает возможность:

- *получить качественные томосрезы сердца;*
- *оценить жизнеспособность миокарда без применения позитронной эмиссионной*

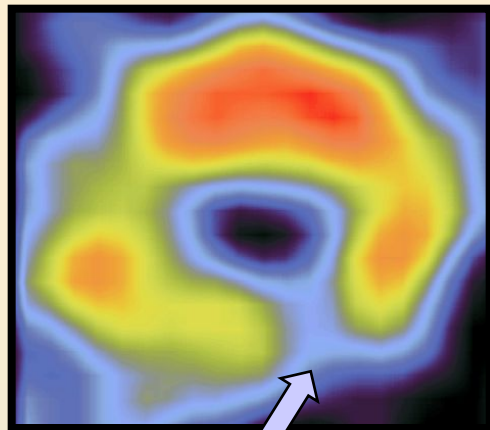


# «ЙОДОФЕН – $^{123}\text{I}$ » - радиофармпрепарат для оценки метаболизма миокарда



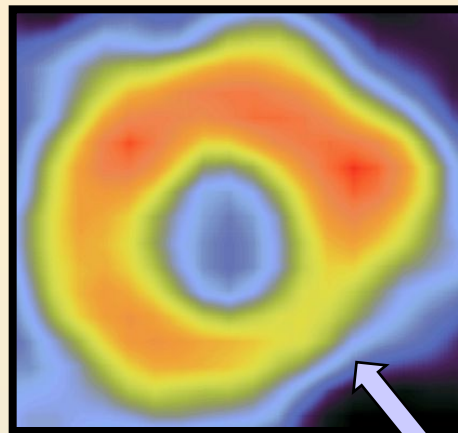
Сцинтиграмма миокарда с  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Технетрилом пациента с ишемической болезнью сердца

Область сердца с нарушением кровоснабжения



Раннее исследование с  $^{123}\text{I}$ -Йодофеном (через 15 мин).

Область сердца с нарушенным метаболизмом



Сцинтиграммы миокарда с  $^{123}\text{I}$ -Йодофеном (того же пациента)

Отсроченное исследование с  $^{123}\text{I}$ -Йодофеном (через 90 мин).

Захват радиофармпрепарата областью сердца с нарушенным метаболизмом



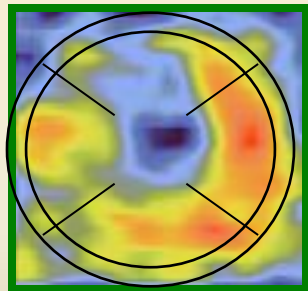
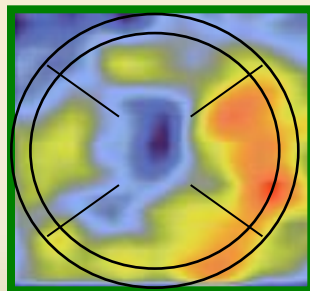
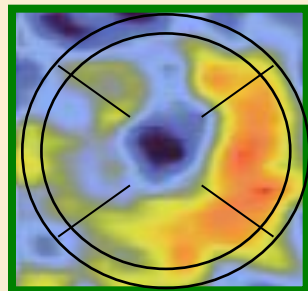
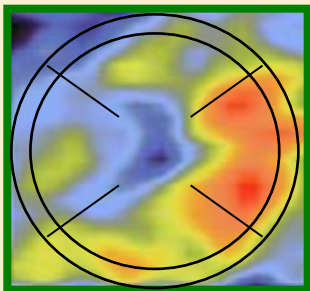
пациент И. 36 лет, диагноз: ИБС, СН, ФК II,  
постинфарктный кардиосклероз (23.09.04 г.),  
Состояние после баллонной дилатации и стентирования  
ПНА

## ЖИЗНЕСПОСОБНЫЙ МИОКАРД

Сцинтиграммы  
миокарда с  $^{199}\text{Tl}$

Нагрузка  
(АТФ)

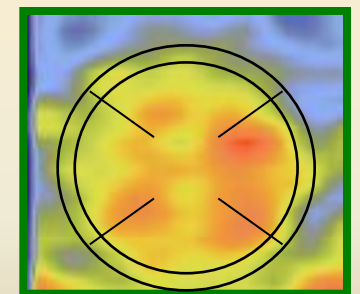
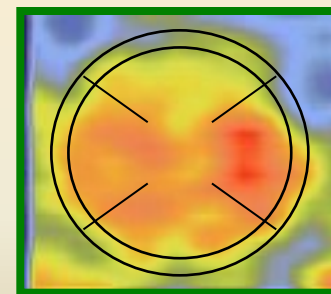
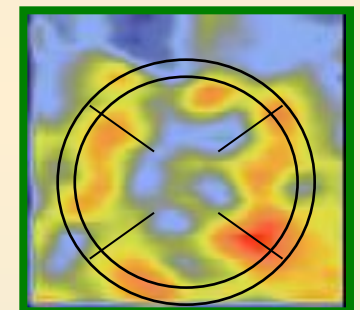
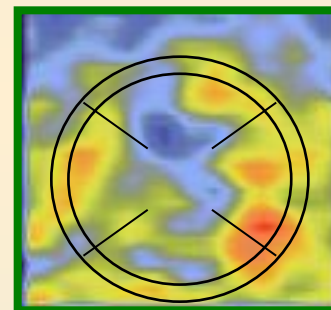
Перераспре-  
деление



Сцинтиграммы миокарда  
с  $^{123}\text{I}$ -Йодофеном

раннее

отсроченное



пациент М. 56 лет, диагноз: ИБС, СН, ФК –III,  
постинфарктный кардиосклероз, аневризма ЛЖ (10.11.07г.)

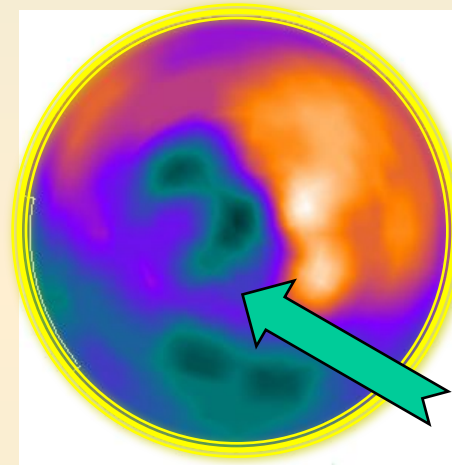
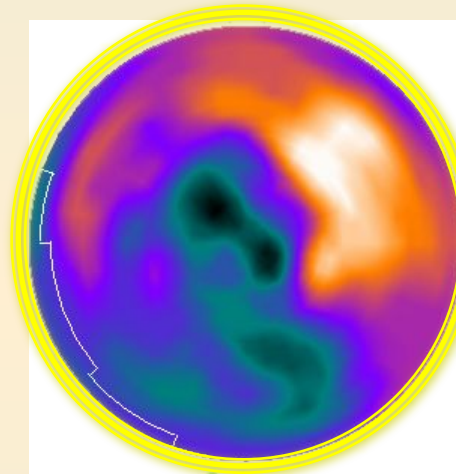
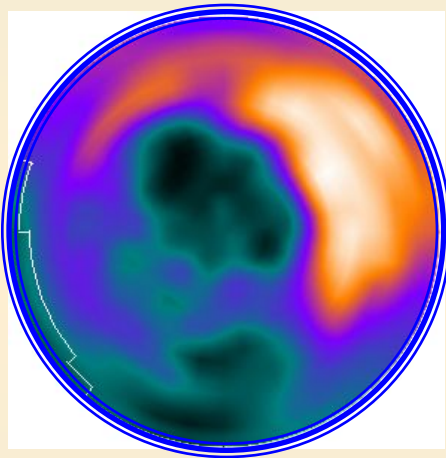
## НЕЖИЗНЕСПОСОБНЫЙ МИОКАРД

Полярная карта миокарда  
с  $^{123}\text{I}$ -Йодофеном

раннее

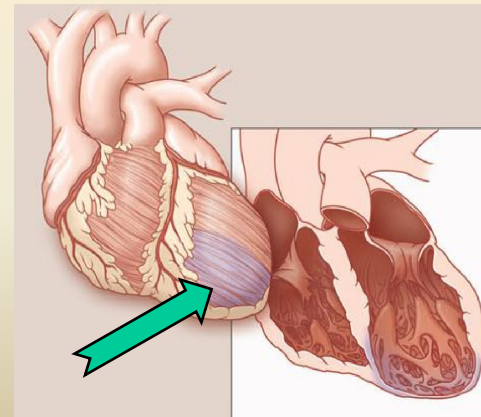
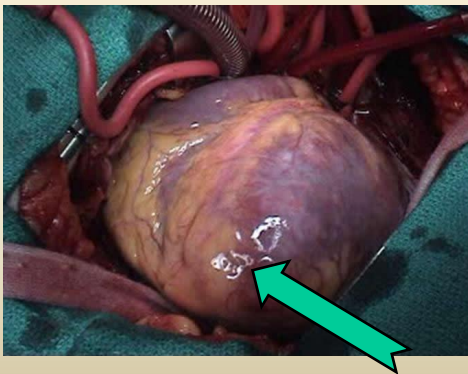
отсроченное

Полярная карта миокарда  
с  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Технетрилом в покое



**участок не  
жизнеспособно  
го миокарда**

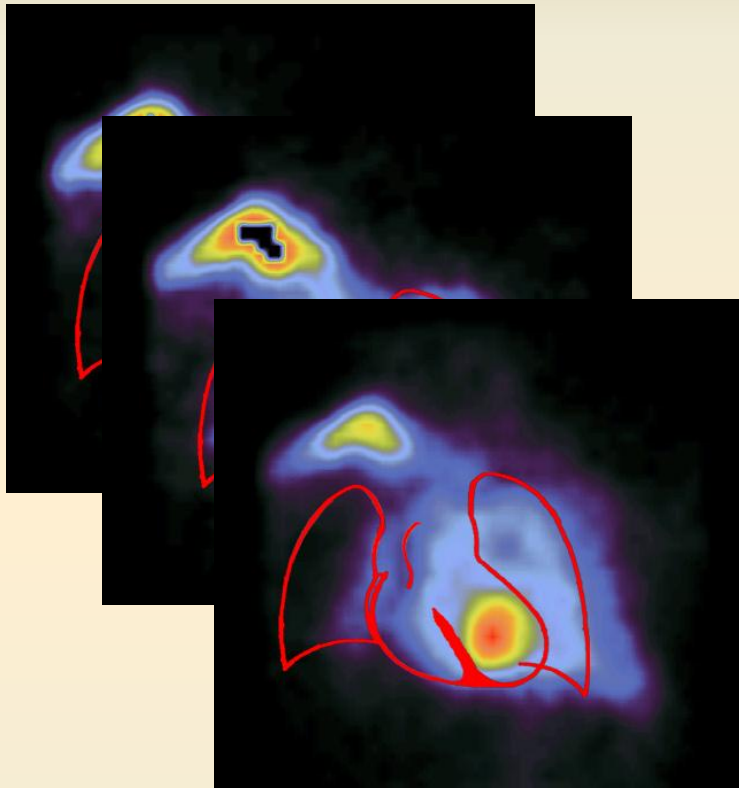
**зона  
аневризмы  
ЛЖ**



# Гемодинамика и сократимость

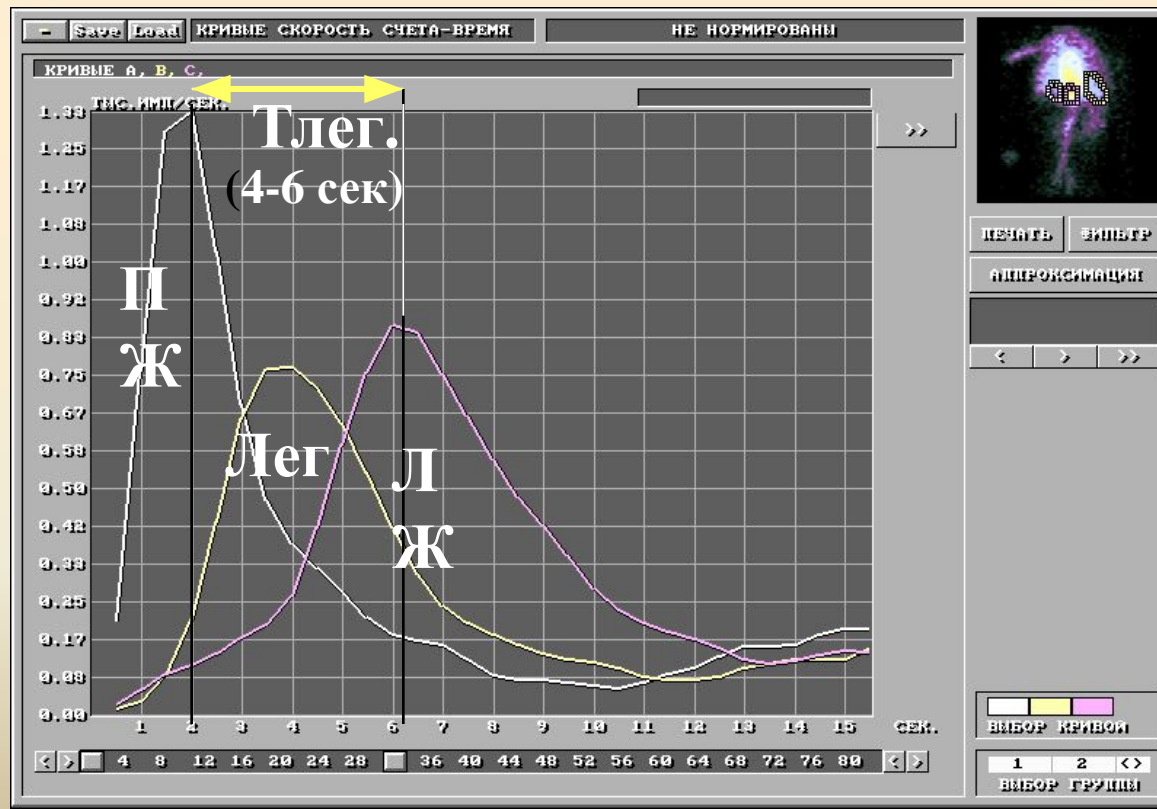
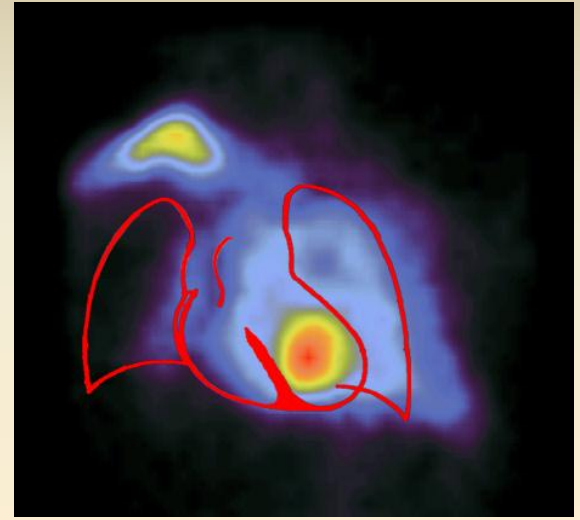
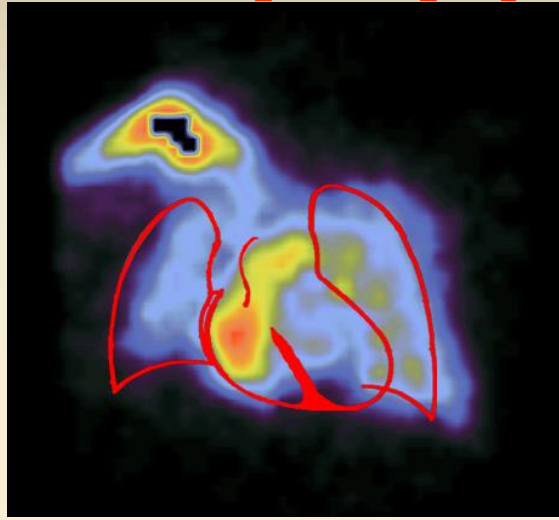
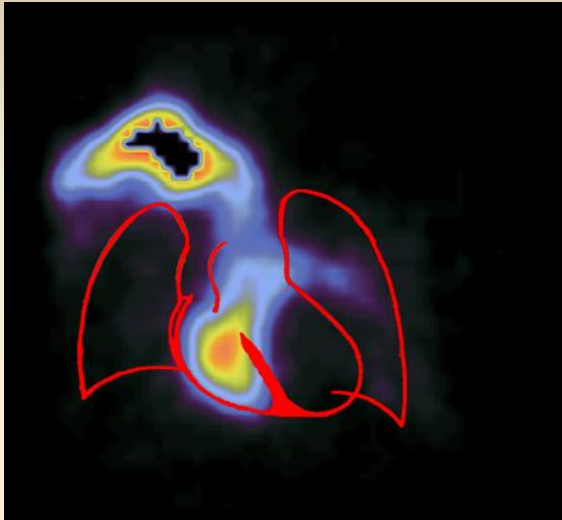
# Радиокардиопульмонография

(радионуклидная ангиопульмоноскintiграфия)



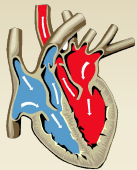
Метод основан на динамической регистрации прохождения радиоактивного болюса по полостям сердца и сосудам легких.

# Радиокардиография

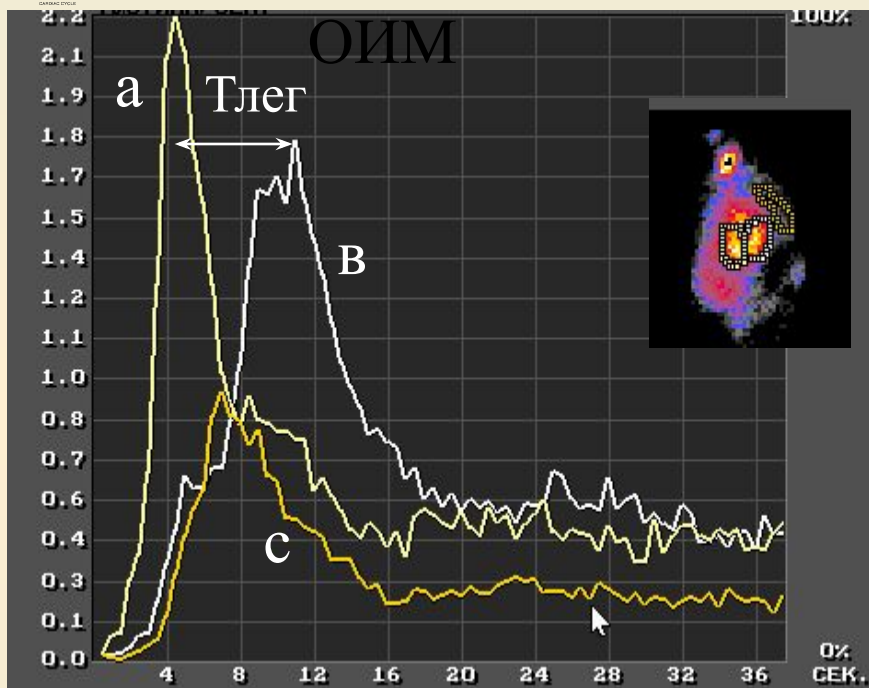




# Радионуклидная оценка параметров центральной гемодинамики

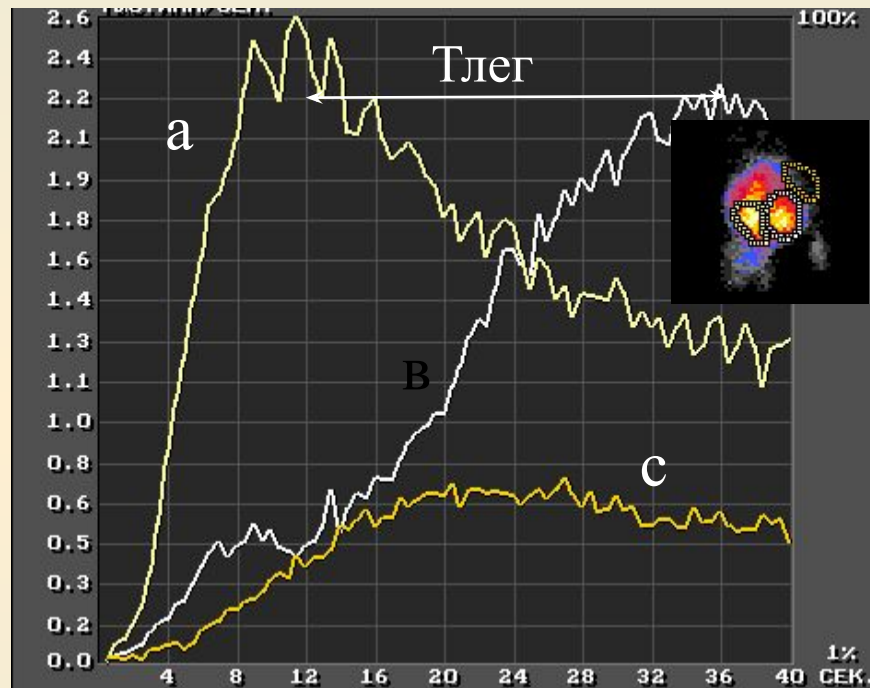


Норма



а - правый  
желудочек  
в - левый  
желудочек  
с - легкие

III ФК СН после



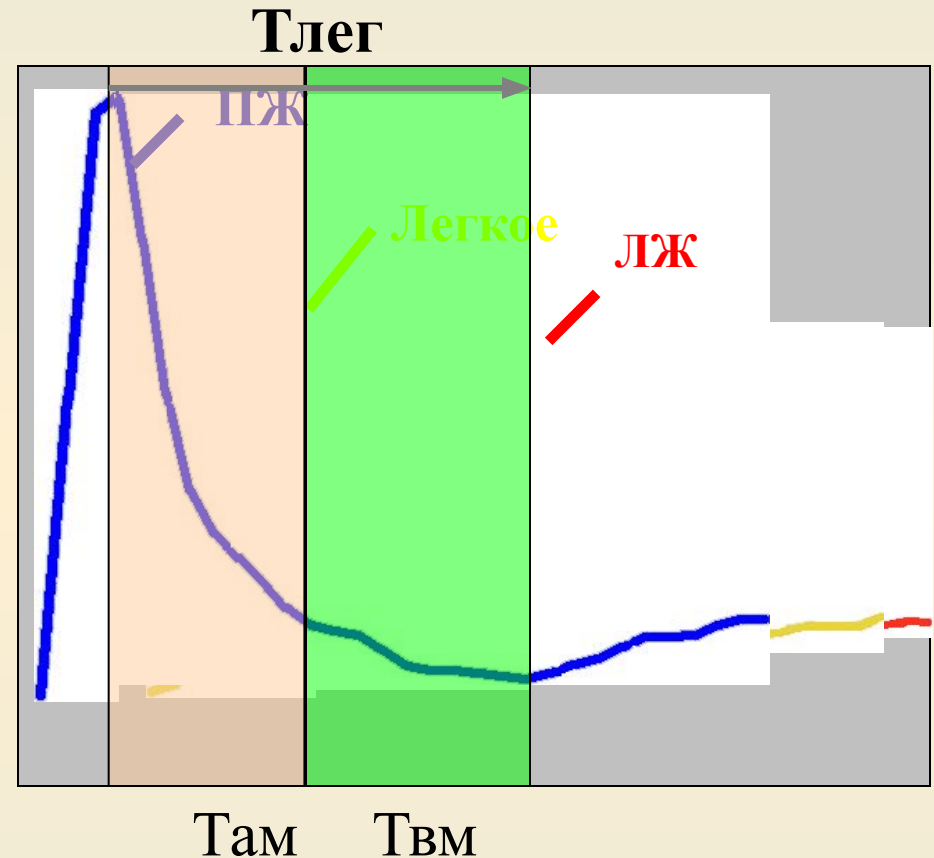
МОС (л/мин)	5,7
Тлег (сек.)	25,0
ОЦК (л.)	5,2
ОЦКлег (мл)	2375,0
СИ	2,8
УО (мл)	57,0
УИ	28,5
ОПС	1310,0

# Основные параметры РКПГ

**Тлег** – время транзита индикатора по сосудам легких, слагающееся из артериального и венозного модальных времен (4 – 6 с);

**Там** (артериальное модальное время) – позволяет судить о кровотоке в артериолах и капиллярах легких (~ 1,5 – 2,5 с);

**Твм** (венозное модальное время) - характеризует кровотоки в венах МК (2,5 – 3,5)

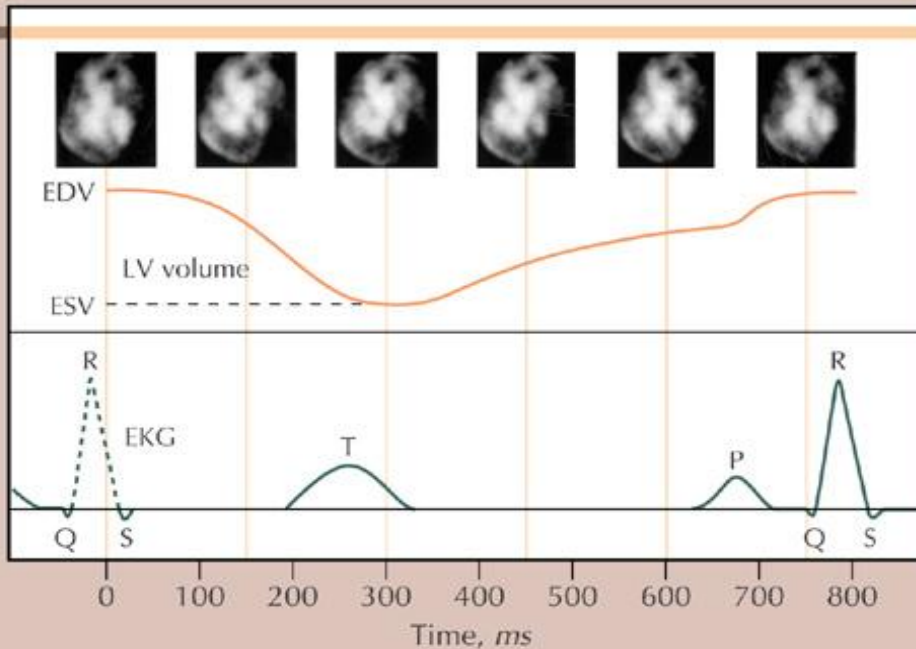
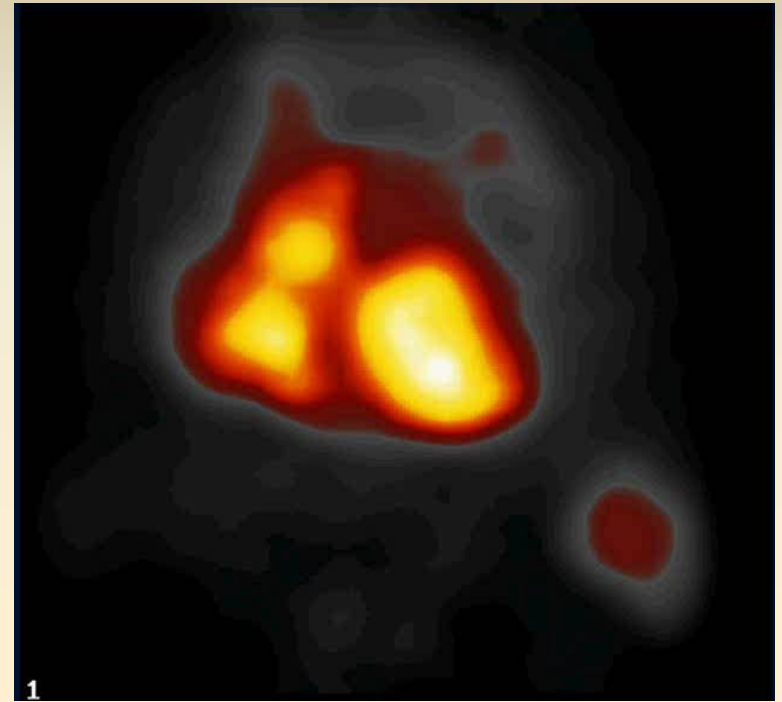
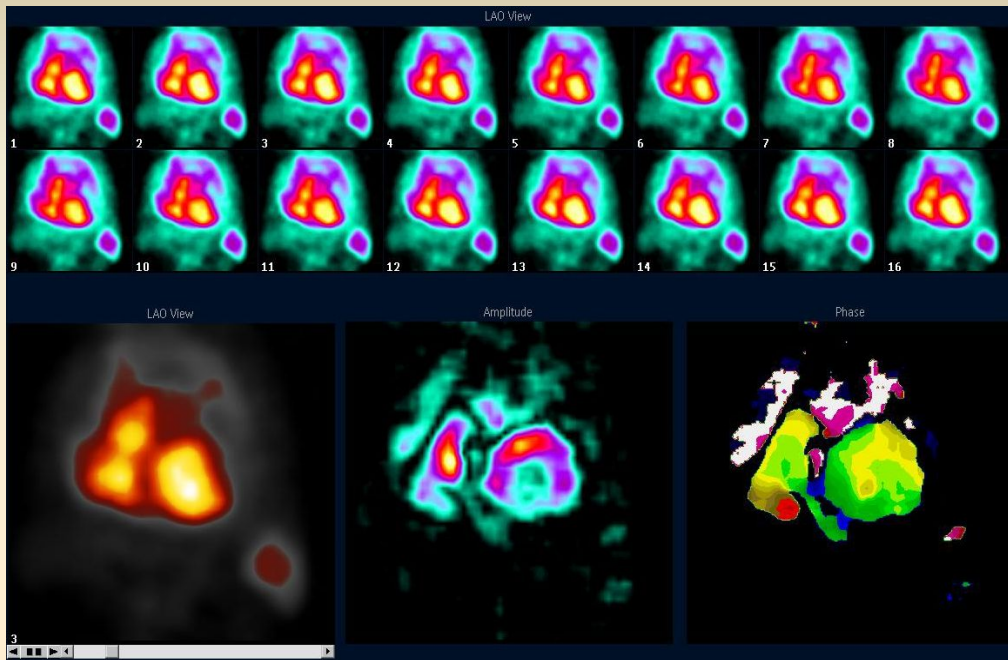


# Равновесная радионуклидная вентрикулография

Принцип метода основан на регистрации радиоактивного пула крови в сердце синхронно с ЭКГ

РРВГ является одним из самых точных методов неинвазивной количественной оценки функции желудочков сердца

# Радионуклидная равновесная вентрикулография



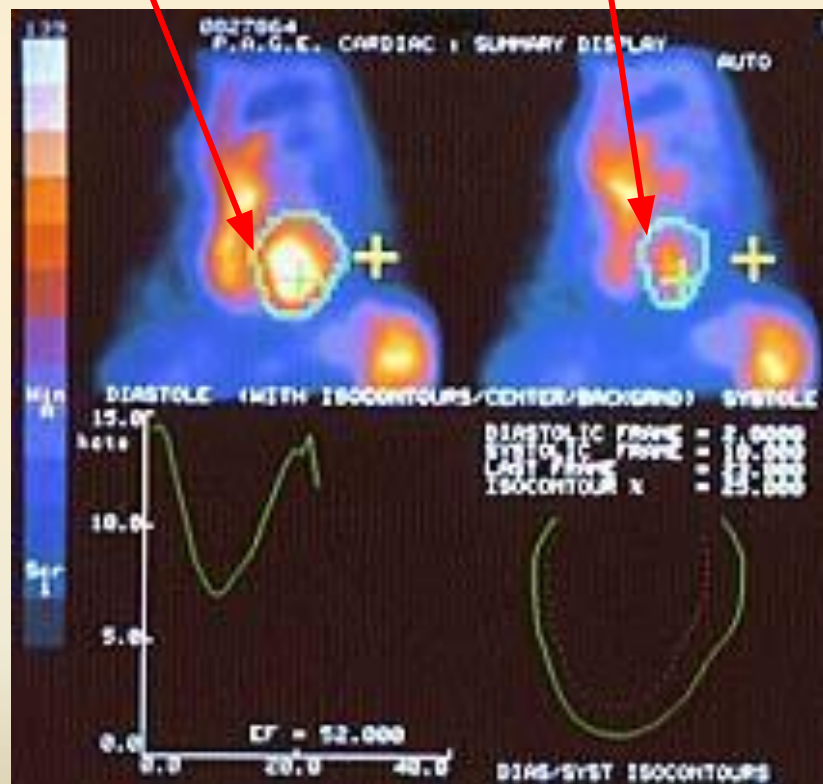
**Оценка общей и региональной сократимости миокарда ЛЖ**

При анализе радиоактивности в камерах сердца в разные стадии сердечного цикла определяется широкий спектр показателей работы правого и левого желудочков

## Основные показатели радионуклидной вентрикулографии

Диастола

Систола



✓ **Фракция выброса (%)**

✓ Фракция заполнения за 1/3 диастолы (%)

✓ Фракция заполнения за 2/3 диастолы (%)

✓ Время максимального наполнения (мсек)

✓ Максимальная скорость изгнания (1/сек)

✓ **Конечный диастолический объем (мл)**

✓ **Конечный систолический объем (мл)**

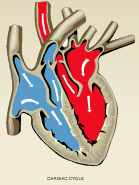
✓ Минутный объем (л)

✓ Сердечный индекс (л/м<sup>2</sup>)

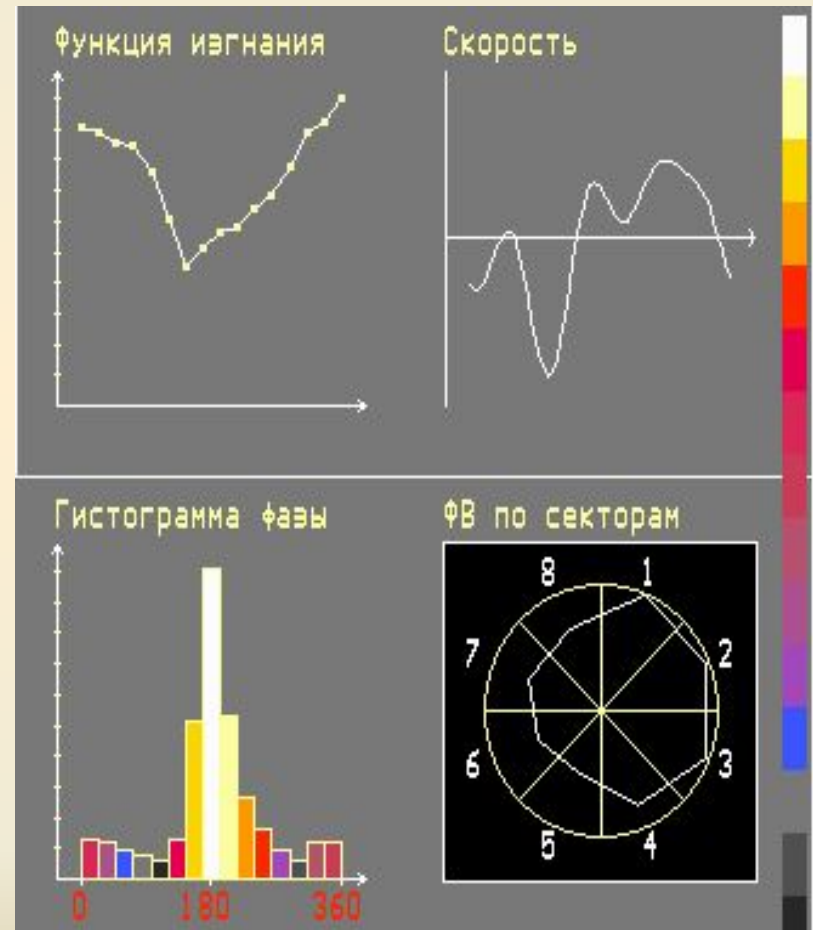
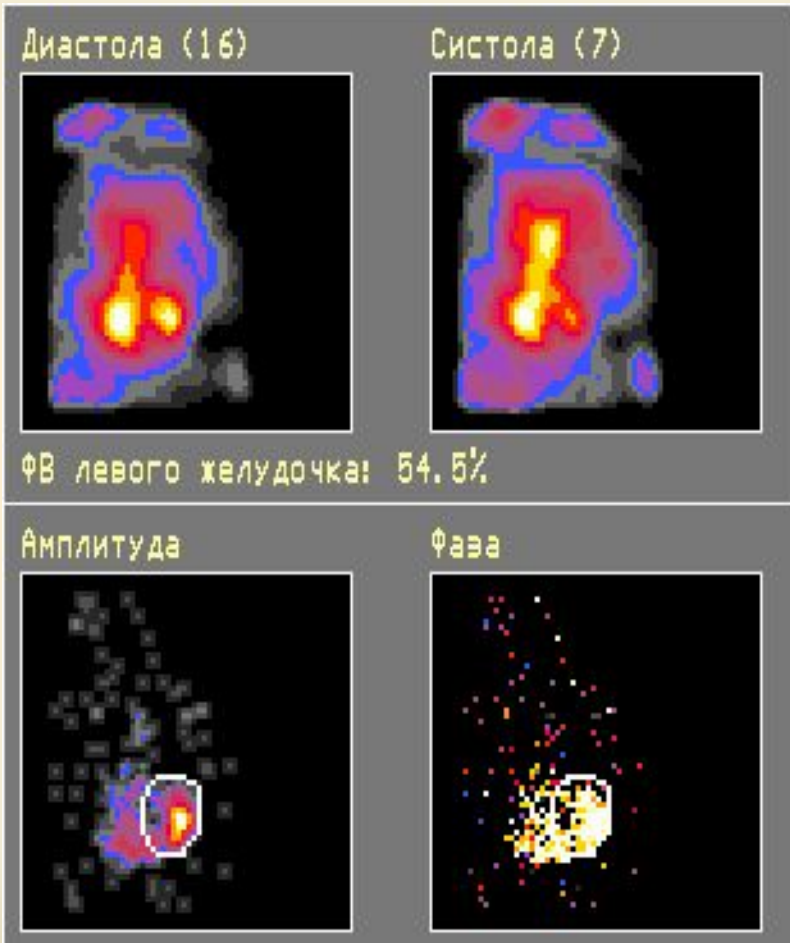
✓ **Ударный объем (мл)**

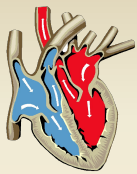
✓ **Ударный индекс (мл/м<sup>2</sup>)**





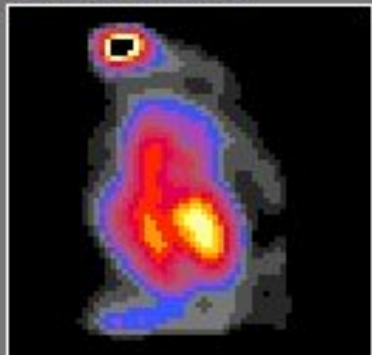
# Равновесная радионуклидная вентрикулография больного ИБС в покое



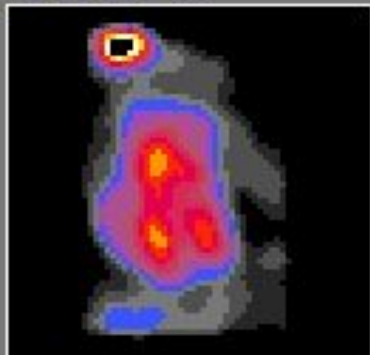


# Равновесная радионуклидная вентрикулография больного ИБС на пике нагрузки

Диастола (16)

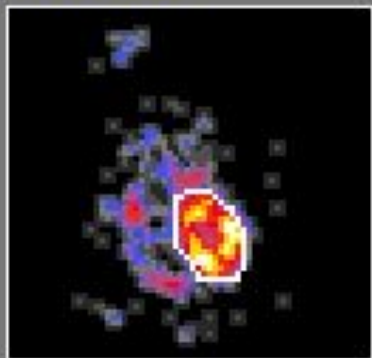


Систола (8)



ФВ левого желудочка: 50.7%

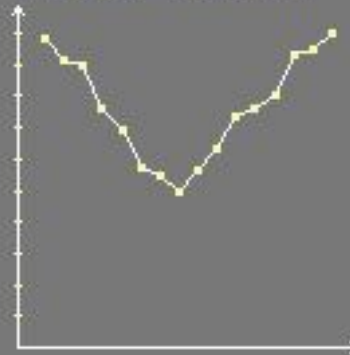
Амплитуда



Фаза



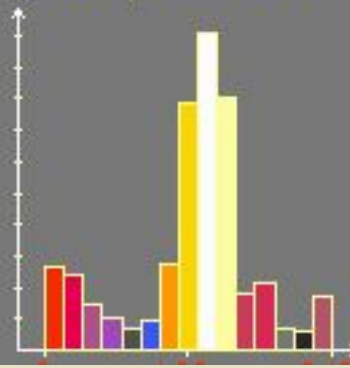
Функция изгнания



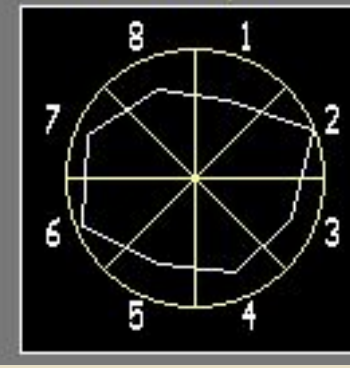
Скорость

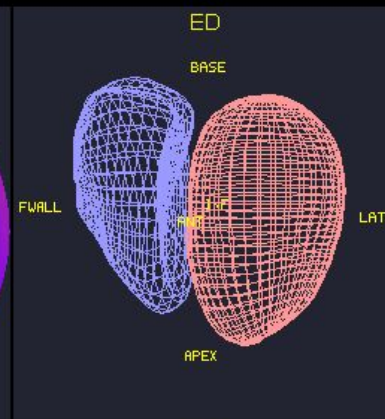
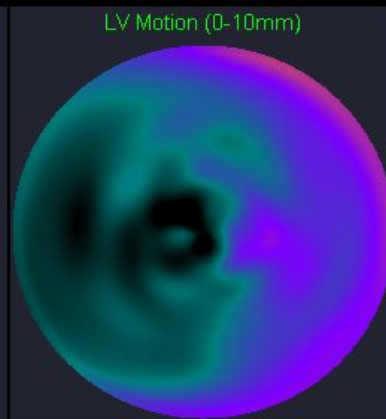
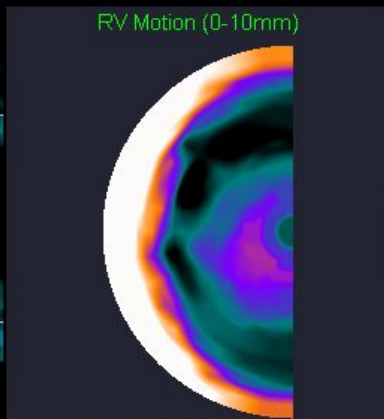
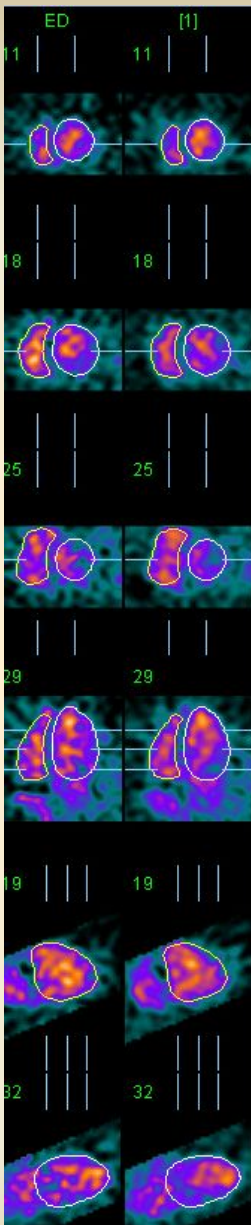


Гистограмма фазы



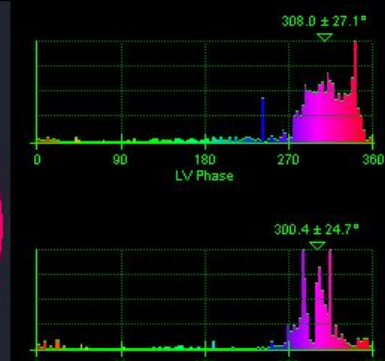
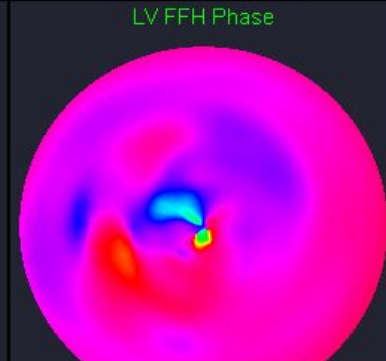
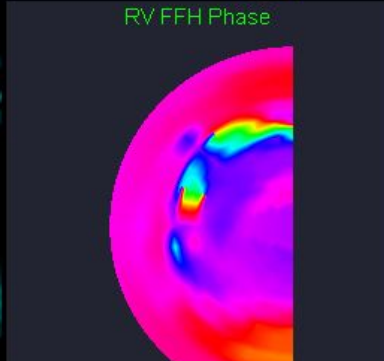
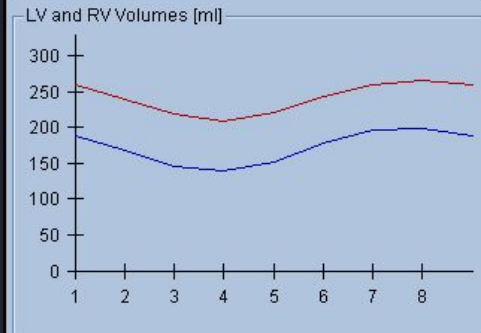
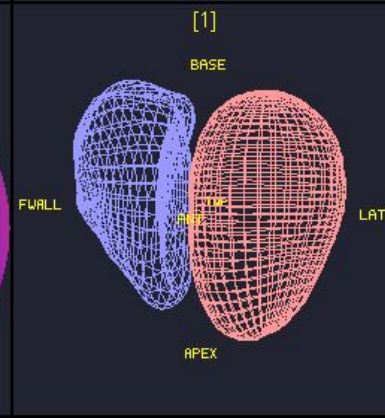
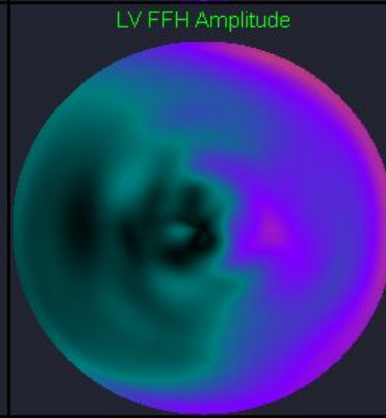
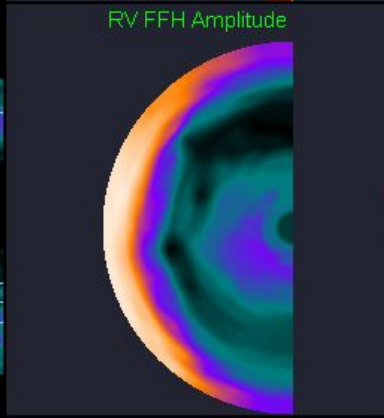
ФВ по секторам



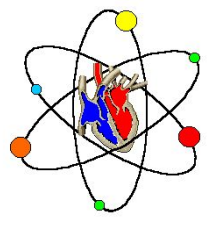


Name **Nikolaev^NS36**  
 Pat ID **008CJF0D1E**  
 Sex **UNKNOWN**  
 DOB **00:00:0000 00:00:00**

Proc ID	<b>Resynchro</b>		
View ID	<b>SAX GSP-RST8</b>		
Date	<b>2008-12-22 12:27:44</b>		
Volume	<b>260ml</b>	[1]	<b>189ml</b>
EDV	<b>267ml</b>	[8 8]	<b>199ml</b>
ESV	<b>209ml</b>	[4 4]	<b>139ml</b>
SV	<b>58ml</b>		<b>60ml</b>
EF	<b>22%</b>		<b>30%</b>
L/R	<b>0.96</b>		
Eccentricity	<b>0.78</b>	[1]	--
Matrix	<b>64x64 x 44(z) x 8(t)</b>		
Mm/Vox	<b>4.27 x 4.27 x 4.27</b>		







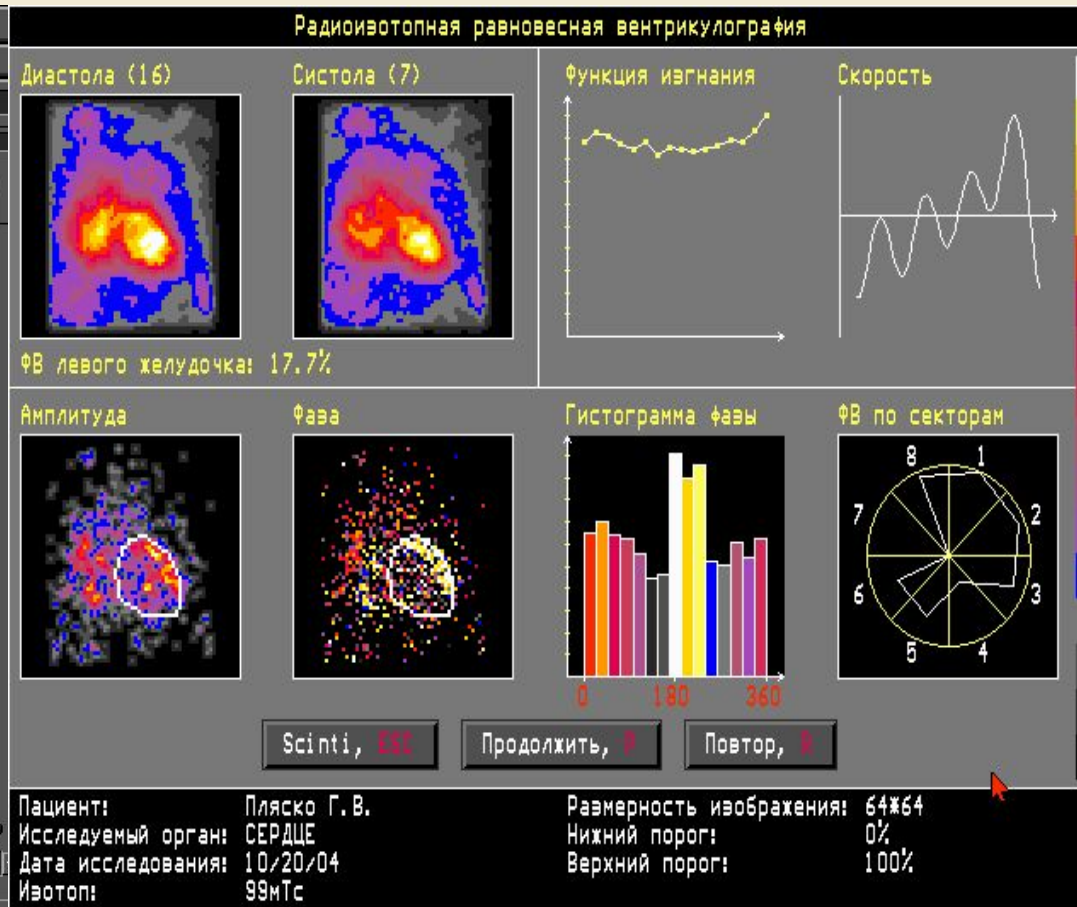
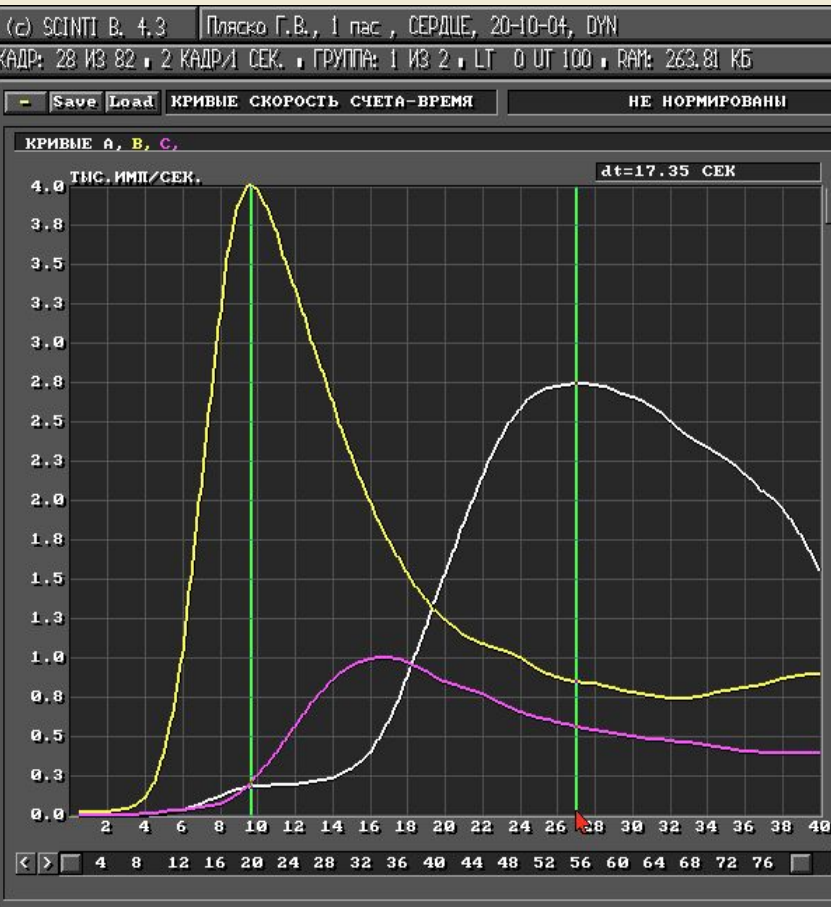
Пациент П. 47 лет

Диагноз: ДКМП ~ 10 лет    Операция: РЧ абляция АВ соединения

ХФП ~ 5 лет

имплантация бивентрикулярного ЭКС

СН – ФК IV



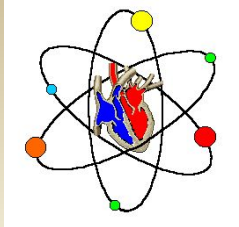
Там – 7,5 сек

Твм – 10 сек

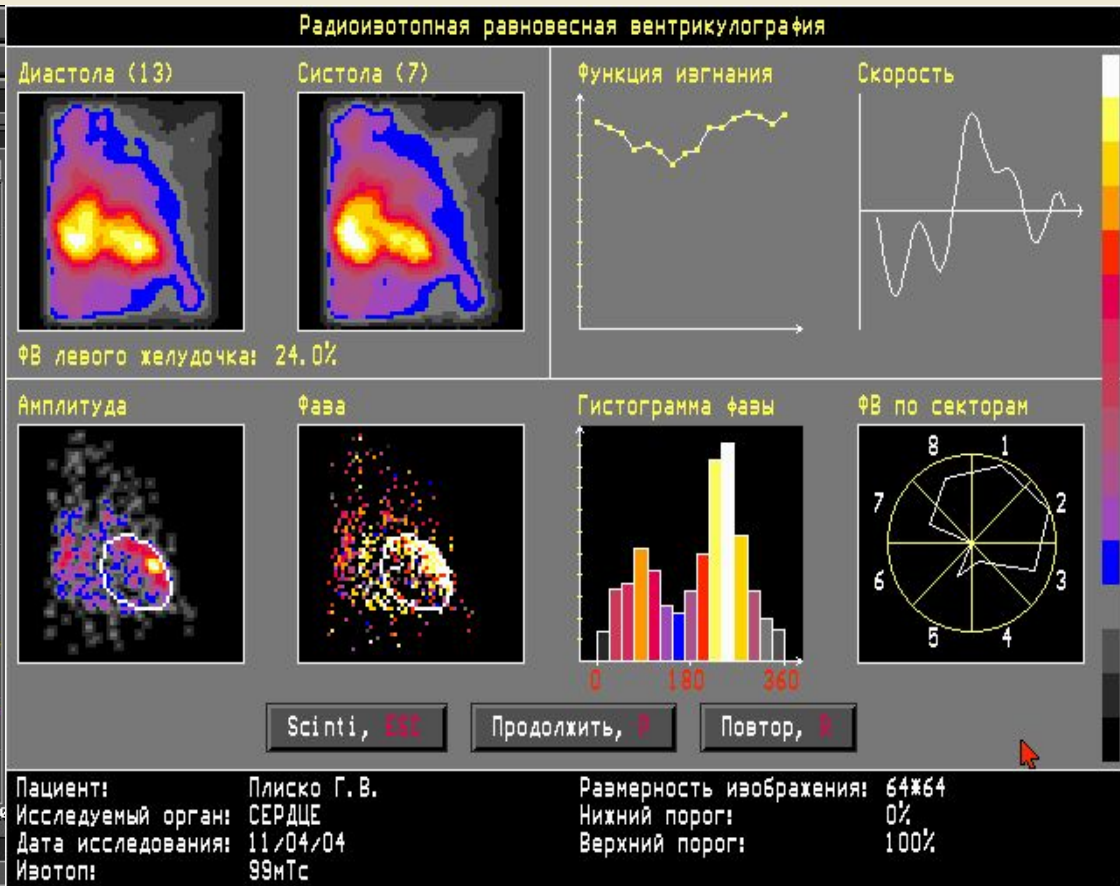
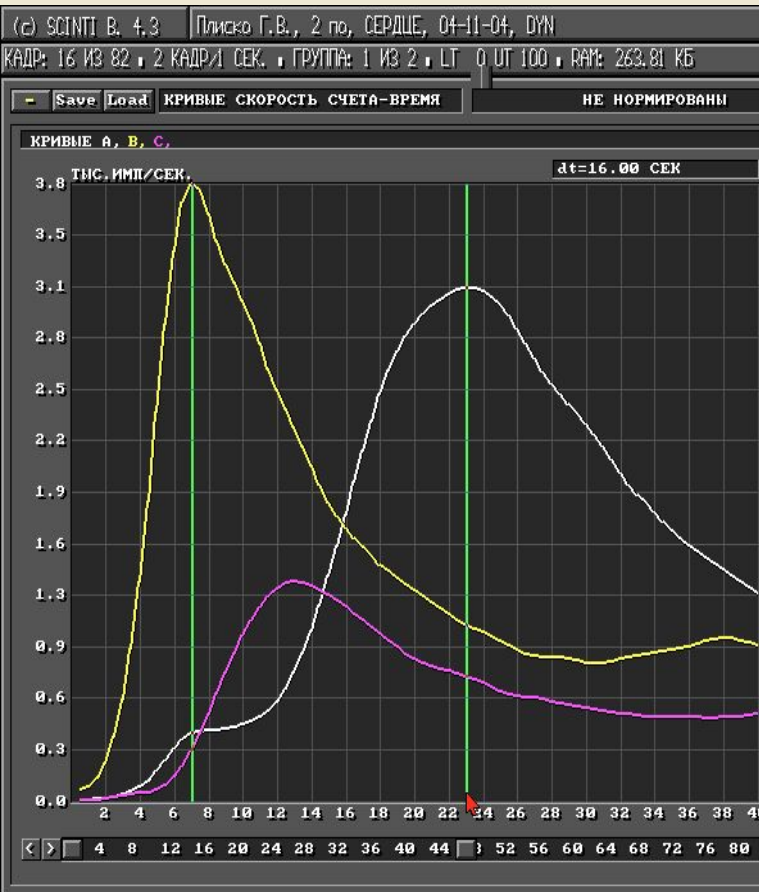
Тлег. - 17,5 сек

**ФВ = 17.7 %**

ГУ НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН  
г.Томск



# Через 3 дня после имплантации бивентрикулярного ЭКС



Там – 6 сек (исход 7,5 сек)

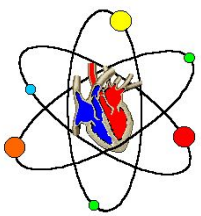
Твм – 10 сек (исход 10 сек)

Тлег. - 16 сек (исход- 17,5 сек)

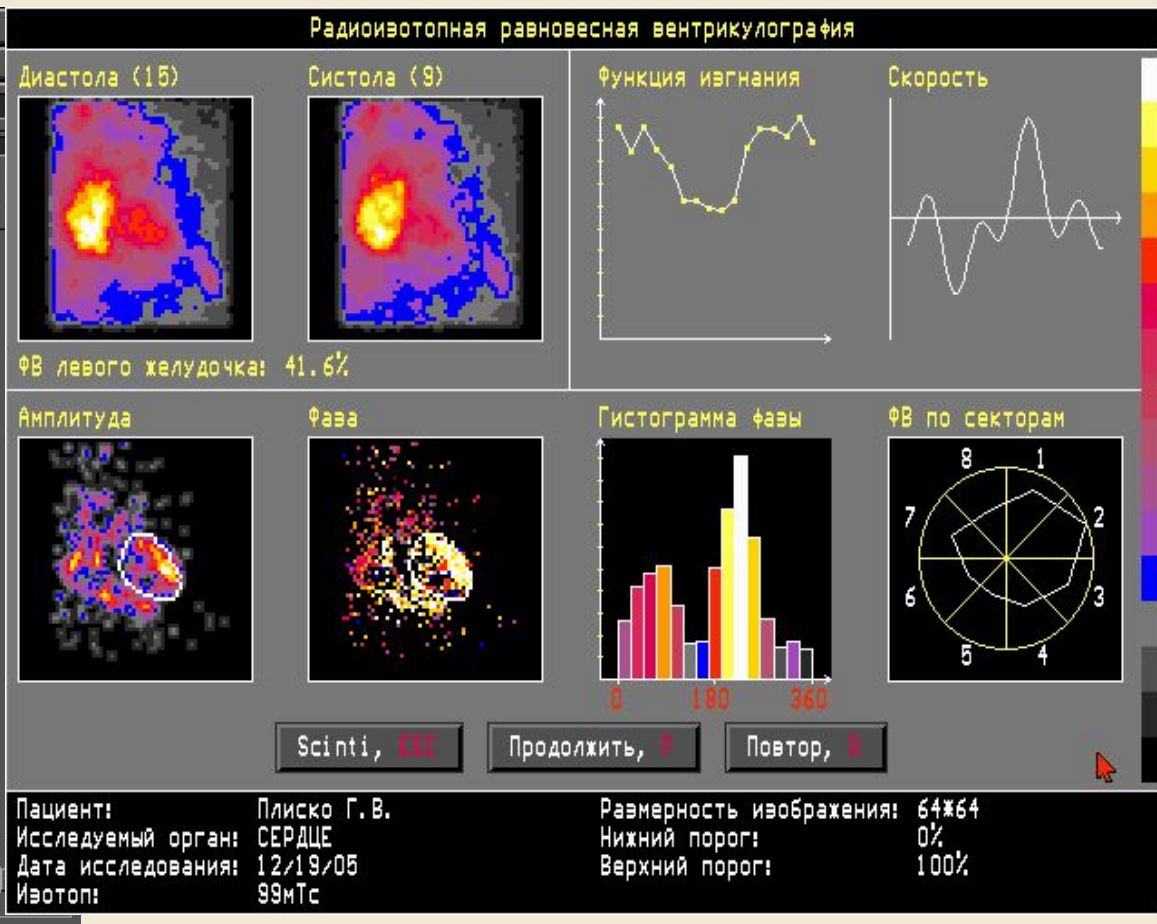
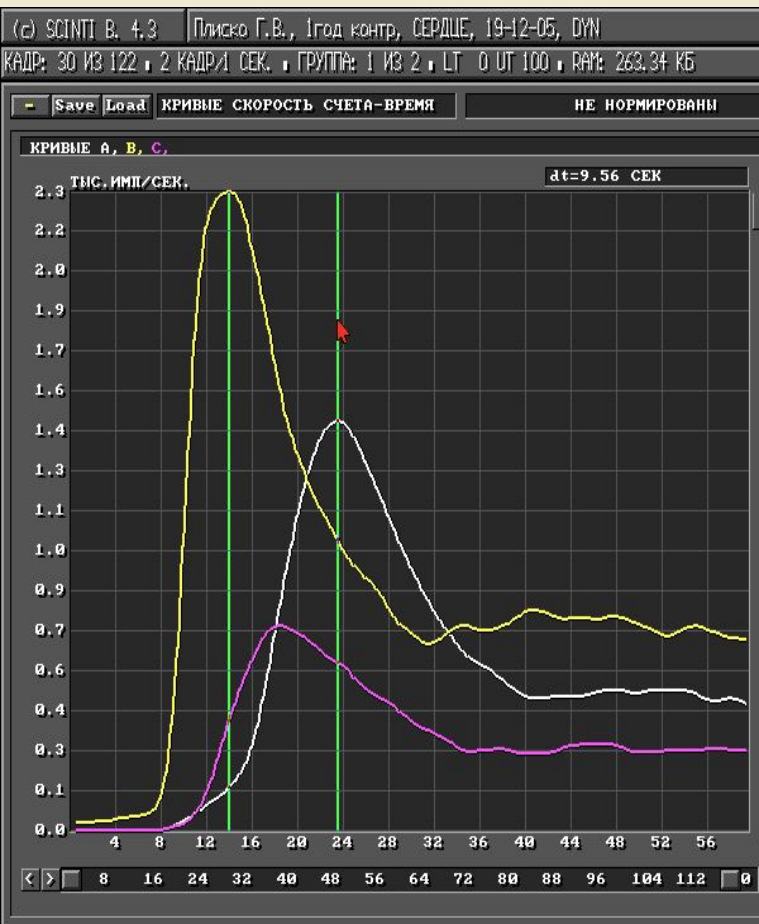
**ФВ = 24 %**

*ГУ НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН  
г.Томск*





# Через 1 год после имплантации бивентрикулярного ЭКС



Там – 5,0 сек (исход 7,5 сек)

Твм – 4,5 сек (исход 10 сек)

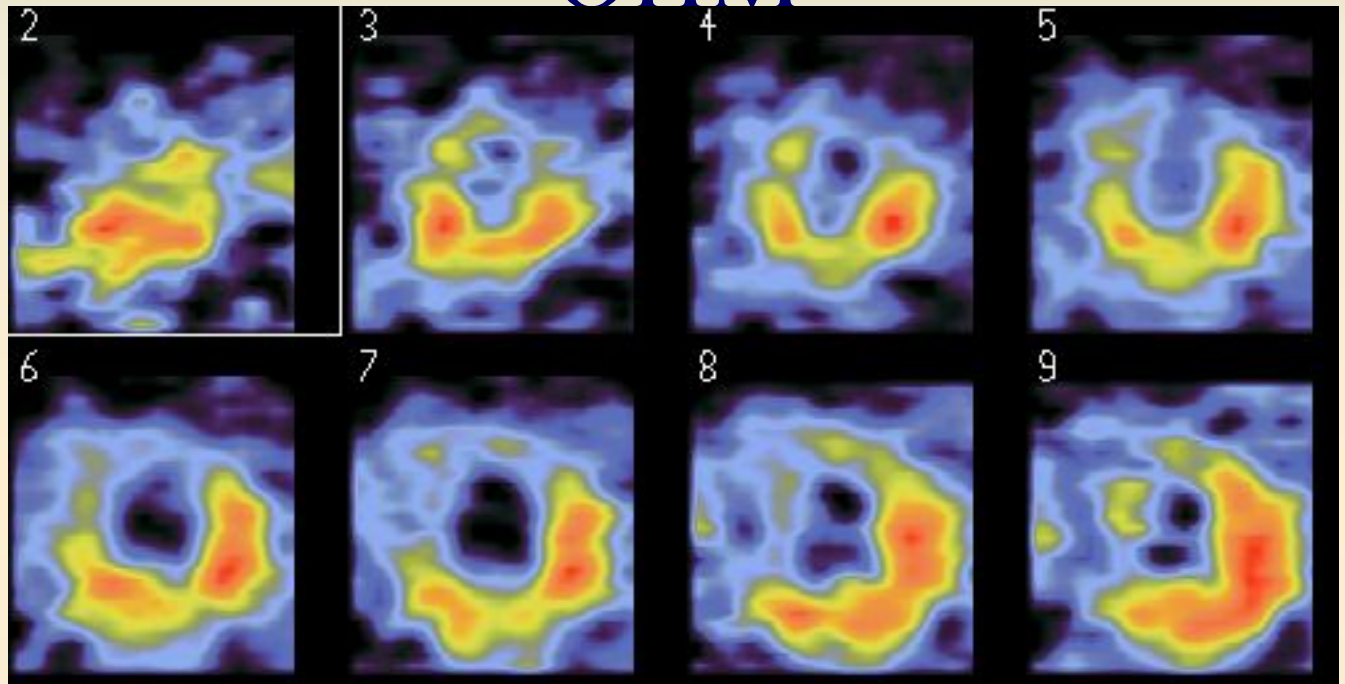
Тлег. - 9,5 сек (исход 17,5 сек)

**ФВ = 41.6 %**

*ГУ НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН  
г.Томск*

**Повреждение**

# Радионуклидная диагностика ОИМ



**$^{99m}\text{Tc}$ -Технетрил ( $^{99m}\text{Tc}$ -МИБИ)**

**Исследование выполняют в покое.**

**Наличие дефектов накопления РФП  
свидетельствует об ОИМ**

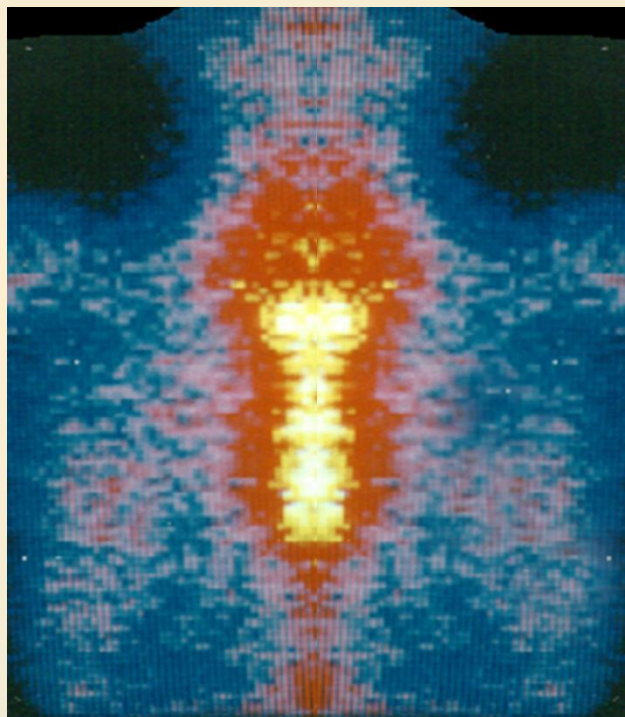
# Изображение очага острого инфаркта миокарда

- $^{99m}\text{Tc}$  – пирофосфат (10-15мКи)
- $^{99m}\text{Tc}$  – пирфотех (10-15мКи)

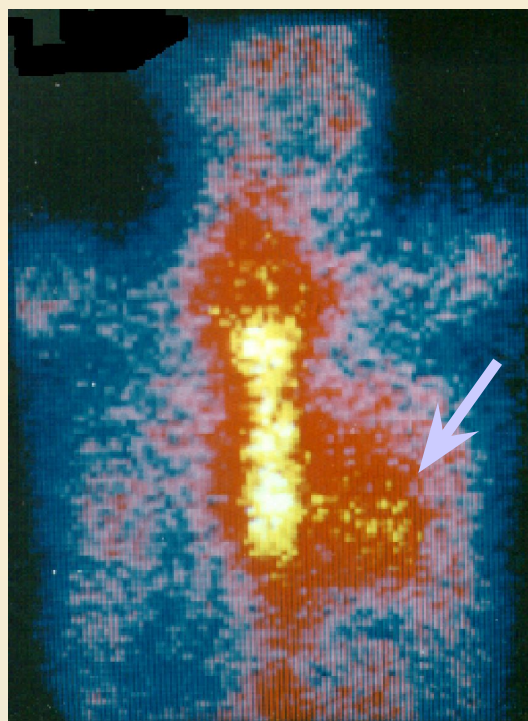
РФП проникает в поврежденные кардиомиоциты и связывается с кальций-содержащими структурами

**ПОЗИТИВНАЯ СЦИНТИГРАФИЯ**

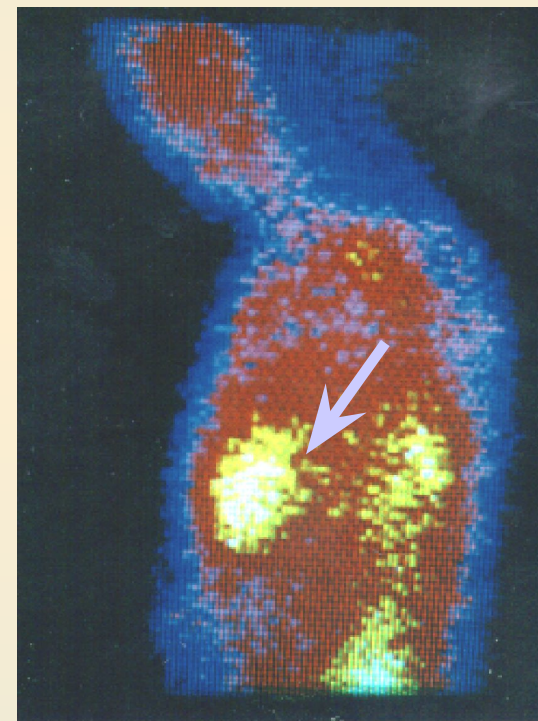
Для ОИМ характерно очаговое включение  $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфата в миокард



НОРМА  
передняя прямая



ОИМ  
передняя прямая

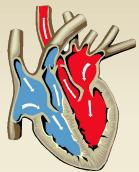


ОИМ  
левая боковая  $90^{\circ}$

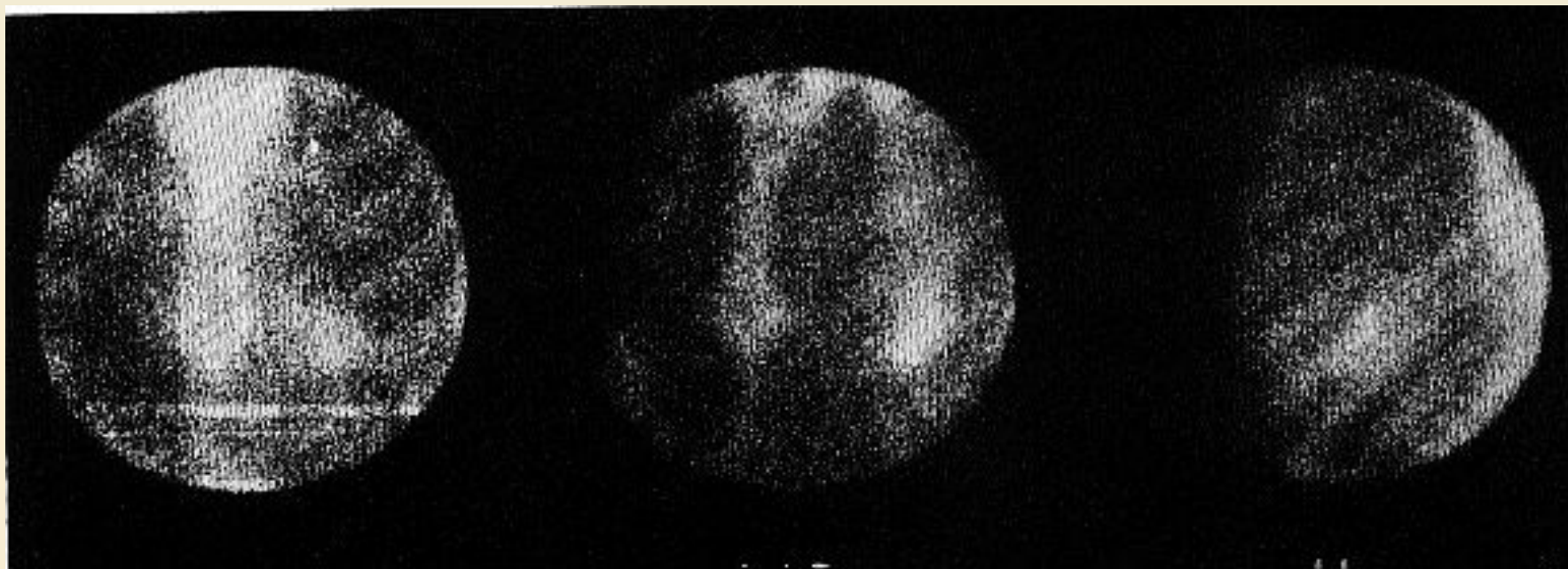


# Классификация интенсивности включения $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфата в миокард

- **0** - отсутствие включения препарата в миокард (не превышает фоновый уровень);
- **1+** - сомнительное включение, интенсивность включения РФП в область сердца меньше, чем в ребрах (до 35% по отношению к грудины);
- **2+** - отчетливое включение, интенсивность включения РФП в область сердца больше, чем в ребрах, но меньше, чем в грудины (35 - 65% по отношению к грудины);
- **3+** - интенсивное включение, включение РФП в область сердца по интенсивности сопоставимо с включением препарата в грудины (более 65% относительно грудины).
- *При этом 0 и 1+ рассматриваются как отрицательные сцинтиграммы, 2+ и 3+ - как положительные.*



# Очаговое включение $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфата при заднем ОИМ



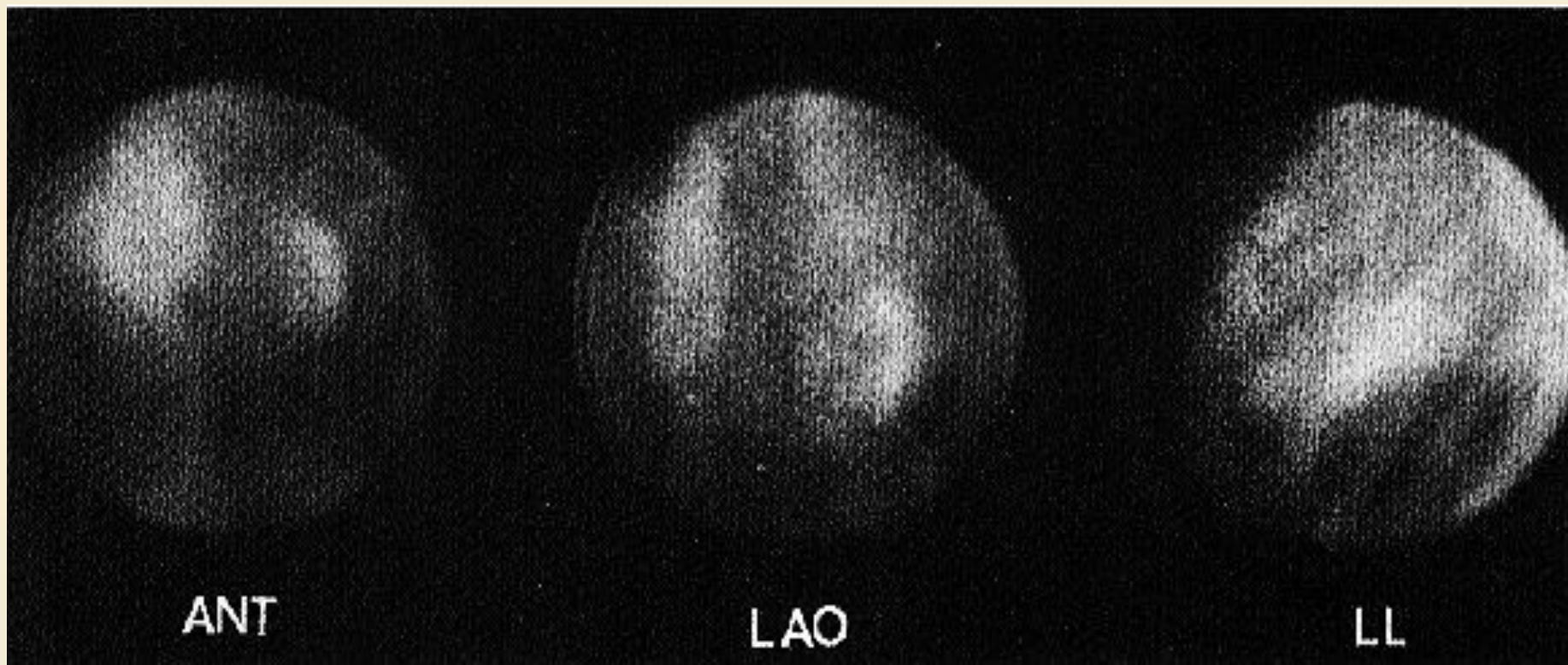
передняя прямая

левая передняя  
косая  $45^{\circ}$

левая боковая  
 $90^{\circ}$

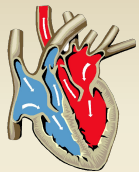
Очаговые накопления в передней проекции расположены рядом с грудиной, а в левой косой и левой боковой позициях отдаляются от нее

# Очаговое включение $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфата в миокард

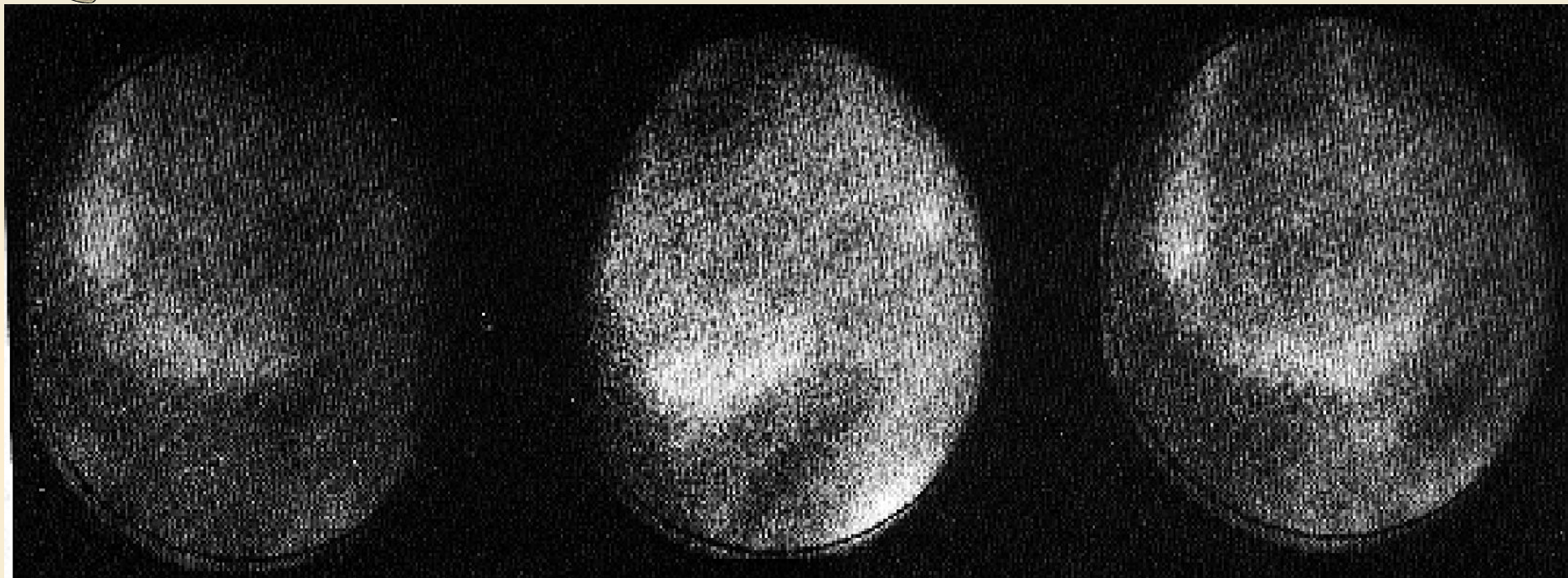


**Очаговая аккумуляция  $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфата миокардом боковой стенки левого желудочка сердца**





# Очаговое включение $^{99m}\text{Tc}$ -пирофосфата при заднем ОИМ



передняя прямая

левая передняя  
косая  $45^{\circ}$

левая боковая  
 $90^{\circ}$

Блюдцеобразное локальное включение индикатора ниже и левее грудины

# Основные варианты динамики позитивных сцинтиграмм миокарда:

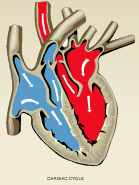
положительная динамика - сцинтиграммы становятся отрицательными к 7-10-му дню от начала заболевания;

отрицательная динамика - расширение зоны инфаркта, либо повторное инфарктирование;

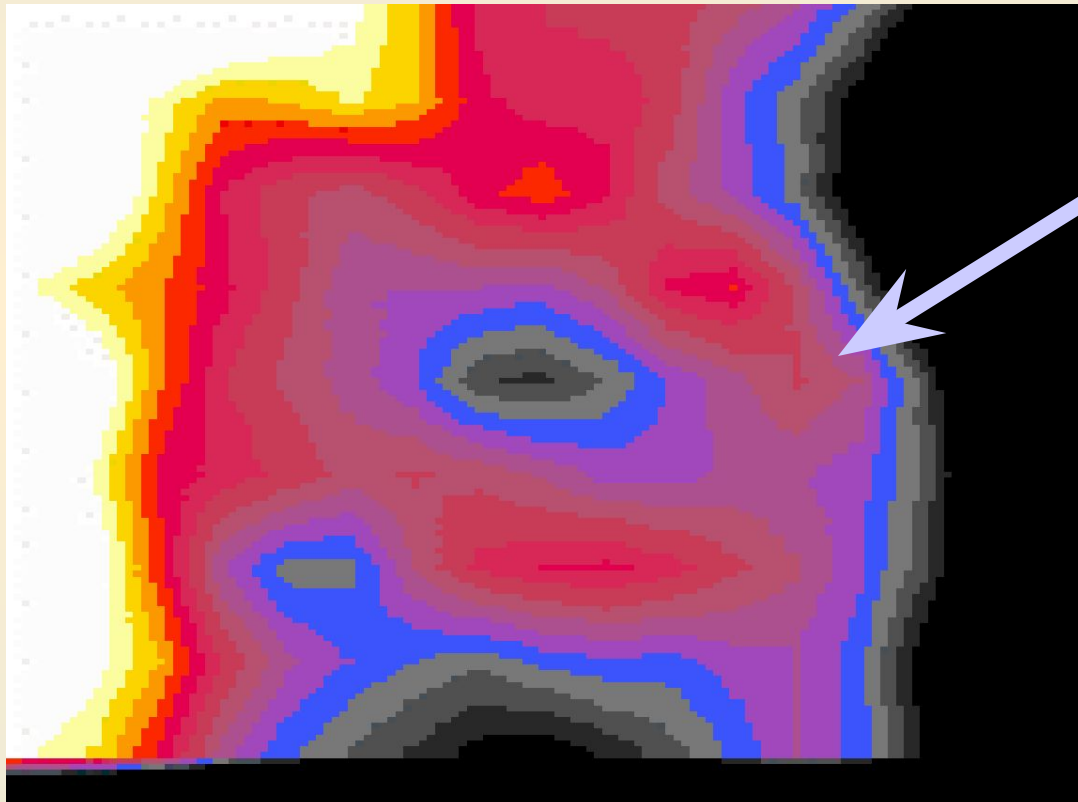
замедленная динамика - длительное время регистрация положительных сцинтиграмм;

застывшая сцинтиграмма - развитие постинфарктной аневризмы





# Диффузное включение $^{99m}\text{Tc}$ - РУР в миокард



Сердце

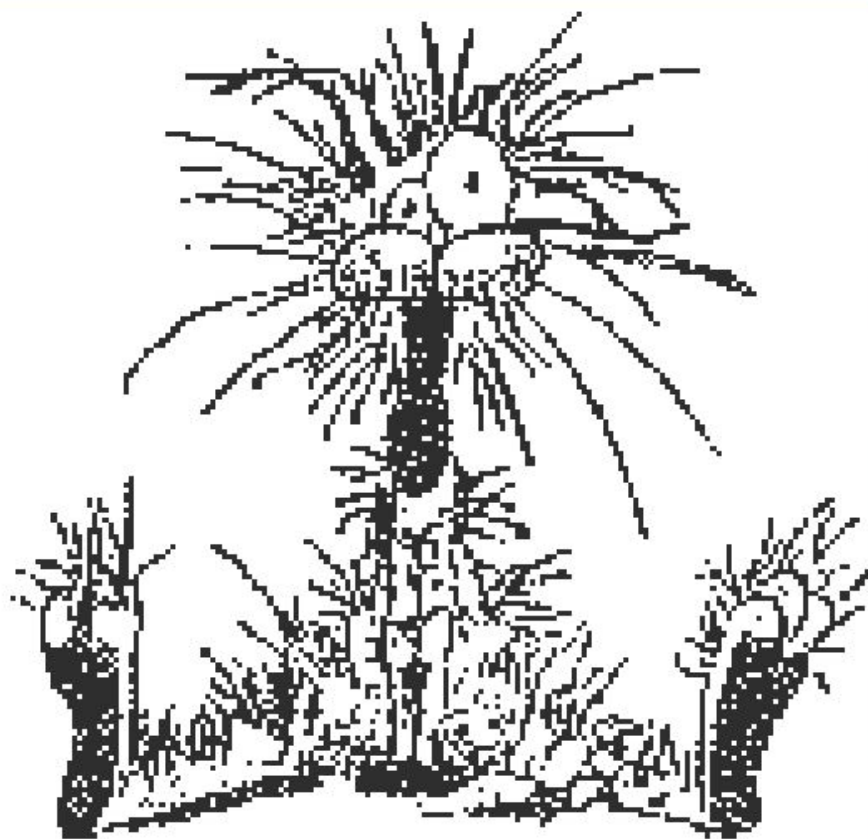
Сагиттальный срез

# *Диффузное высокоинтенсивное включение РФП в миокард*





До работы



После работы

***Благодарю за внимание!***